

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	iv
KISALTMA LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	xiii
ÖNSÖZ	xiv
ÖZET	xv
ABSTRACT	xvi
1. GİRİŞ	1
2. KESİCİ TAKIMLAR HAKKINDA GENEL BİLGİLER	5
2.1 Takım Malzemeleri ve Özellikleri	5
2.1.1 Takım Çelikleri	6
2.1.1.1 Karbon (Alaşımız) Takım Çelikleri	6
2.1.1.2 Az Alaşımızlı Takım Çelikleri	7
2.1.1.3 Hız Çelikleri (HSS)	7
2.1.2 Demir Olmayan Metalik Alaşımızlar	8
2.1.3 Sinterlenmiş Karbürler	8
2.1.3.1 Karbür Uçların Kaplanması	10
2.1.4 Seramikler	11
2.1.5 Elmaslar	12
2.2 Takımızların Geometrik Şekilleri	13
2.2.1 Yekpare ve Kaynaklı Takımızlar	13
2.2.2 Plaketli Takımızlar	14
2.2.2.1 Hız Çelikleri	14
2.2.2.2 Sert Metaller	14
2.3 Kesici Takım Ömrü ve Aşınma	16
2.3.1 Aşınma Sebepleri	16
2.3.1.1 Abrazif Aşınma	17
2.3.1.2 Difüzyon Aşınması	17
2.3.1.3 Oksidasyon Aşınması	17
2.3.1.4 Yorulma Aşınması	17
2.3.1.5 Adhezif Aşınma	18
2.3.2 Aşınma Tipleri ve Genel Olarak Çözümleri	18
2.3.2.1 Serbest Yüzey Aşınması	18
2.3.2.2 Krater Aşınması	18
2.3.2.3 Kesici Uçun Plastik Deformasyonu	19
2.3.2.4 Isıl Çatlaklar	19
2.3.2.5 Kesici Kenardan Parçacıklar Kopması	20
2.3.2.6 Kesici Kenarın Kırılması	20

2.3.3	Takım Ömrü	21
3.	DÖNEN TAKMA UÇLU KESİCİ TAKIMLARLA TALAŞLI ŞEKİLLENDİRME	23
3.1	Tarihçesi	23
3.2	Dönen Takma Uçlu Takımların Faydaları ve Genel Prensipleri	24
3.3	Kendinden Tahrikli Dönen Takma Uçlu Takımlar.....	27
3.3.1	Dönen Takma Uçlu Kesici Takımın Uygulaması.....	29
3.3.2	Dönen Takma Uçlu Takımlarla İşlemeye Bağlı Problemler	30
3.3.3	Kendinden Tahrikli Dönen Takma Uçlu Takımların Yapısı ve Tasarımı	30
3.4	Sürücü Tahrikli Dönen Takma Uçlu Takımlar	32
3.4.1	Takımın Genel Yapısı.....	33
3.5	Günümüzde Dönen Takma Uçlu Takım Teknolojisi	34
3.5.1	Dönen Takma Uçlu Tornalama Takımları (Rotary Turning Tool).....	35
3.5.2	Dönen Takma Uçlu Tornalama Takımı Parçaları.....	36
3.5.2.1	Sıkıştırma Somunu	36
3.5.2.2	Talaş Kırıcı	36
3.5.2.3	Kovan (Gövde)	37
3.5.2.4	Arka Sıkıştırıcı.....	37
3.5.2.5	Diferansiyel Vida.....	37
3.5.3	Dönen Takma Uçlu Freze Takımları (Rotary Milling Tool).....	38
3.5.4	Dönen Takma Uçlu Freze Takımı Aparatları	40
3.5.5	Dönen Takma Uçlu Freze Takımında Operasyon Özellikleri	40
3.6	Dönen Takma Uçlu Takımların Kinematiği	41
3.6.1	Sürücü Tahrikli Dönen Takma Uçlu Takımla Oblig Kesme Kinematiği.....	44
3.6.2	Sürücü Tahrikli Dönen Takma Uçlu Takımla Ortogonal Kesme Kinematiği	46
3.6.3	Kendinden Tahrikli Dönen Takma Uçlu Takım ile Oblig Kesme Kinematiği.....	47
3.7	Dönen Takma Uçlu Takımlarla Kesme İşleminin Mekaniği.....	47
3.7.1	Sürücü Tahrikli Dönen Takma Uçlu Takımla Oblig Kesme Mekaniği.....	48
3.7.2	Sürücü Tahrikli Dönen Takma Uçlu Takımla Ortogonal Kesme Mekaniği.....	53
3.7.3	Kendinden Tahrikli Dönen Takımla Oblig Kesme Mekaniği.....	55
4.	YÜZEY KALİTESİ VE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ	58
4.1	Yüzey Pürüzlülük Parametreleri ve Tanımları	59
4.1.1	Aritmetik Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (R_a)	60
4.1.2	Aritmetik Ortalama Sapmalarının karekökü (R_q).....	60
4.1.3	Maksimum Yüzey Pürüzlülüğünün Derinliği (R_t).....	60
4.1.4	Ortalama Pürüzlülük Derinliği (R_z).....	61
4.2	Talaşlı İmalatta Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Faktörler	61
4.2.1	Geometrik Faktörler	62
4.2.2	İş Parçasının Etkileri.....	63
4.2.3	Titreşim ve Kesici Takım Etkileri	64
4.3	Yüzey Pürüzlülüğünün Ölçülmesi.....	65
5.	DÖNEN TAKMA UÇLU TAKIMLARLA TALAŞLI ŞEKİLLENDİRME KONUSUNDA YAPILAN GEÇMİŞ ÇALIŞMALAR	67
5.1	Giriş	67
5.2	Dönen Takma Uçlu Takımlarla Talaşlı Şekillendirmede Yüzey Pürüzlülüğü İle İlgili Geçmiş Çalışmalar	68
5.2.1	KTDT ile Nikel ve Titanyum Bazlı Süper Alaşımların İşlenmesi	68

5.2.1.1	İşlemede Elde Edilen Yüzeyler	74
5.2.2	Uzay Alaşımlarının KTDT ile İşlenmesinde Elde Edilen Yüzey Kalitesi ve Takım Performansı Çalışması	78
5.2.2.1	İşlemede Elde Edilen Yüzeyler	80
5.2.3	Freze Tezgahında Dönen Takma Uçlu Takımla İşleme	81
5.2.3.1	Freze Kesicisinin Tasarlanması ve İmalatı	81
5.2.3.2	Çalışmadaki Deney Dizaynı	82
5.2.3.3	Bu Çalışmada Elde Edilen Sonuçlar	84
6.	KENDİNDEN TAHRİKLİ DÖNEN TAKMA UÇLU TAKIMLARLA TORNALAMA İŞLEMİNDE KESME PARAMETRELERİNİN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ.....	88
6.1	Giriş	88
6.2	Tutucu Aparatı Tasarımı ve İmalatı.....	88
6.3	Deney Prosedürü ve Kesme Parametreleri	95
6.4	Deney Sonuçları	98
6.4.1	Eğim Açısı ve İlerleme Hızına Göre	98
6.4.2	Kesme Hızı ve İlerleme Hızına Göre	101
6.4.3	Talaş Açısı ve Eğim Açısına Göre	104
7.	SONUÇLAR ve ÖNERİLER	108
	KAYNAKLAR.....	110
	ÖZGEÇMİŞ.....	112

SİMGE LİSTESİ

B, B_c	Armarego için dönen takma uçlu takım ile işleme iş parçası ve talaş genişliği
B	Armarego için klasik oblique kesmede eşit kesme genişliği
b, b_c	Talaş ve kesme genişliği
f	İlerleme miktarı
F	Talaş yüzeyindeki sürtünme kuvveti
F_c	Kesme kuvveti
F_f	İlerleme kuvveti
F_p	V yönünde kesme kuvveti bileşeni
F_Q	F_p 'ye dik P_n 'de kesme kuvveti bileşeni
F_r	Radyal kuvvet
F_R	F_p ve F_Q 'ya dik kesme kuvveti bileşeni
F_s	Kayma düzlemindeki kayma kuvveti
F_{pt}	V yönünde toplam kesme kuvveti bileşeni
F_{Qt}	F_p 'ye dik P_n 'de toplam kesme kuvveti bileşeni
F_{Rt}	F_p ve F_Q 'ya dik toplam kesme kuvveti bileşeni
i	V ve P_n arasındaki eğim açısı
i_s	V_w ve P_n arasındaki statik eğim açısı
K_{1p}, K_{1Q}, K_{1R}	F_p, F_Q ve F_R yönlerinde birim genişlik başına uç kuvveti
K_r	Takım ömründeki yüzdesel artış
l, l_c	Sırasıyla iş parçası ve talaş uzunluğu
ℓ	Yüzey pürüzlülüğü için referans uzunluk
l_f	Takım talaş temas uzunluğu
n	Yüzey pürüzlülüğü için referans uzunluk sayısı
NR	Uç yarıçapı
N_t	Kesici takımının dönüş hızı
N_w	İş parçasının dönüş hızı
P_n	Kesme kenarına dik, normal düzlem
r_{ai}	Yüzey pürüzlülüğü için düzeltme faktörü
r_b, r_t	Talaş genişliği ve talaş kalınlığı oranı
r_l	Mutlak talaş uzunluğu oranı

r_{lr}	Bağıl talaş uzunluğu oranı
R_a	Aritmetik ortalama yüzey pürüzlülüğünün değeri
R_i	İdeal ortalama yüzey pürüzlülüğü
R_p	Gerçek yüzey pürüzlülüğü
R_t	Yüzey pürüzlülüğünün derinliği
R_z	Maksimum yüzey pürüzlülüğü derinliği
R_q	Aritmetik ortalama sapmalarının karekökü
R_{max}	Maksimum yüzey pürüzlülüğü
t	Deformasyona uğramamış talaş kalınlığı
t_c	Deformasyona uğramış talaş kalınlığı
V	Bileşke veya bağıl kesme hızı
$V_{b_{max}}$	Takım gövdesi aşınması
V_c	Mutlak talaş hızı
V_{cr}	Bağıl talaş hızı
V_f	İlerleme hızı
V_r	Dönen takma ucun çevresel hızı
V_s	Kayma düzlemindeki hızı
V_w	Mutlak iş parçası veya kesme hızı

Yunan Harfleri

α_n	P_n düzlemindeki serbest açısı normal
β, β_n	Sürtünme açısı ve normal sürtünme (P_n 'de)
η_c	Bağıl talaş akış açısı (V_{cr} ve P_n arasında)
$\eta_{c'}$	Sürtünme kuvveti açısı (F ve P_n arasında)
η_s	Kayma akış açısı (V_s ve P_n arasında)
$\eta_{s'}$	Kayma kuvvet açısı (F_s ve P_n arasında)
ϕ_n	P_n düzlemindeki normal kayma açısı
ϕ	Mutlak talaş akış açısı (V_c ve P_n arasındaki)
Ω	İzdüşürülmüş mutlak talaş akış açısı
ε	Eğim açısı
λ	Kesme izi açısı

KISALTMA LİSTESİ

Al	Alüminyum
ANSI	American National Standards Institute
B	Bor
C	Karbon
⁰ C	Celsius, sıcaklık ölçü birimi
C4	Tungstend carbit
Co	Kobalt
Cr	Krom
CBN	Cubic boron nitrid
CNC	Computer numerical control
CVD	Chemical vapor deposition
DC	Direct current
DIN	Deutsches Institut für Normung
⁰ F	Fahrenayt, sıcaklık ölçü birimi
FEA	Finite Element Analysis
HRC	Rockwell sertlik birimi ölçüm skalası
ISO	International Standards Organisation
JIS	Japan Industrial Standard
KD	Kesme derinliği
KTDT	Kendinden tahrikli dönen takma uçlu takım
Mo	Molibden
Mn	Mangan
Ni	Nikel

PCBN	Polycrystalline cubic boron nitrid
PCD	Polycrystalline Diamond
PVD	Physical Vapour Deposition
RNG	Yuvarlak uçlar için katalog standartı
SD	Serbestlik derecesi
Si	Silisyum
STDT	Sürücü tahrikli dönen takma uçlu takım
SYA	Serbest yüzey aşınması
Ti	Titanyum
V	Vanadyum
YP	Yüzey pürüzlülüğü
Zr	Zirkonyum

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Kesme takımlarının üç temel tipi. a) ortagonal takım, b) oblig takım, c) dilimleme etkisi ile kenara doğru hareket eden takım [5].	2
Şekil 1.2 Sabit (a) ve dönen takma uçlu (b) kesici takımlar [12].	2
Şekil 1.3 Dönen takma uçlu kesici takım ve tutucusu [7].	2
Şekil 1.4 İşleme sırasında tipik bir dönen takma uçlu takım [9].	3
Şekil 2.1 Karbür uç kaliteleri ve uygulaması [10].	9
Şekil 2.2 Yekpare ve kaynaklı takımlar	13
Şekil 2.3 Takma uçlu takımlar [20].	14
Şekil 2.4 Kesici uçlar ve takım tutucular için simgeleme tarzı (ISO 1832 – 1991’e göre) [10].	16
Şekil 2.5 Serbest yüzey aşınması.	18
Şekil 2.6 Krater aşınması.	19
Şekil 2.7 Plastik deformasyon.	19
Şekil 2.8 Isıl Çatlaklar.	20
Şekil 2.9 Tanecik kopması.	20
Şekil 2.10 Ucun kırılması.	21
Şekil 3.1 Dönen takma uçlu takımın çalışma prensibi a) tornalama işlemi b) oblig kesme modeli.	25
Şekil 3.2 KTDİ şeması ve oblig kesme modeli.	26
Şekil 3.3 1. tip , dönen takma uçlu kesici takımları. a) pozitif eğim açısı. b) negatif eğim açısı	26
Şekil 3.4 2. tip, dönen takma uçlu kesici takımları. a) pozitif eğim açısı. b) negatif eğim açısı	27
Şekil 3.5 Kesme sıcaklıkları [6].	30
Şekil 3.6 Kendinden tahrikli dönen takma uçlu takım konstrüksiyonu [6].	32
Şekil 3.7 Sürücü tahrikli dönen takma uçlu takımın yapısı a) yuvarlak uç b) sürücü tahrikli dönen takım [13].	34
Şekil 3.8 Dönen takma uçlu takımlarla sert tornalama işlemi [17].	35
Şekil 3.9 Rotary Technology dönen takma uçlu tornalama takımı.	35
Şekil 3.10 Mitsubishi dönen takma uçlu tornalama takımı [14].	36
Şekil 3.11 Dönen takma uçlu tornalama takımı parçaları.	36
Şekil 3.12 Sıkıştırma somunu.	36
Şekil 3.13 Talaş kırıcı.	37
Şekil 3.14 Kovan (Gövde).	37
Şekil 3.15 Arka Sıkıştırıcı.	37
Şekil 3.16 Diferansiyel vida.	38
Şekil 3.17 Uç malzemesinin kesme sıcaklığına ve iş parçası sertliğine göre değişimi.	38

Şekil 3.18 Üretimde verimliliğin takım malzemesine göre eğilimi.	39
Şekil 3.19 Kendi eksenini etrafında dönen bir döner takım freze kesicisi.	39
Şekil 3.20 Döner takma uçlu freze takımı aparatları.	40
Şekil 3.21 Döner takma uçlu takım ile kesme işlemi. a) uzayda sabit bir noktadan b) takım üzerinden bir noktadan.....	42
Şekil 3.22 Merkezde takım ile ortogonal sürücü tahrikli döner takım ile kesme işlemi (Armarego,1994)......	43
Şekil 3.23 Takım merkezden yukarıda ve aşağıda olacak şekilde sürücü tahrikli ve kendinden tahrikli oblig takma uçlu takım ile kesme işlemi (Armarego, 1994).	43
Şekil 3.24 Açılılandırılmış takım ile kendinden tahrikli oblig takma uçlu takım (Armarego, 1994).	44
Şekil 3.25 Sürücü tahrikli döner takma uç ve bunun dengi klasik işlem (Armarego, 1994)... ..	45
Şekil 3.26 Sürücü tahrikli döner takma uçlu takım ile ortogonal kesme ve klasik işlemde ona bağlı eşitliği (Armarego, 1994).	46
Şekil 3.27 Sürücü tahrikli döner takma uçlu takım ile oblig kesme modeli (Armarego, 1994). ..	49
Şekil 3.28 Sürücü tahrikli döner takma uçlu takım ile ortogonal kesme modeli (Armarego, 1994).	55
Şekil 3.29 Kendinden tahrikli döner takma uçlu takım ile oblig kesme modeli.	56
Şekil 4.1 Yüzey kalitesi ve sapmalar [4].	58
Şekil 4.2 Yüzey pürüzlülüğü ve değerlendirilmesi.	59
Şekil 4.3 Aritmetik ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a) hesaplaması.	60
Şekil 4.4 Maksimum yüzey pürüzlülüğünün derinliği (R_t).	60
Şekil 4.5 Ortalama pürüzlülük derinliği (R_z).	61
Şekil 4.6 Tek ağızlı takımlarda geometrik faktörün ideal yüzey pürüzlülüğüne etkisi.	62
uç yarıçapının etkileri, ilerlemenin etkileri, kesme açısının etkileri [15].	62
Şekil 4.7 Yüzey pürüzlülüğü düzeltme faktörü.	64
Şekil 4.8. Yüzeyin maksimum ve minimum pürüzlülüğünün R_a ile gösterilişi.	65
Şekil 5.1 Kaplanmamış karbür takımlı KTDT ile IMI 318 işlemede ortalama yan aşınma ve kesme zamanı.	69
Şekil 5.2 Farklı kaplanmamış karbür takımlarıyla IMI 318 işlemindeki aşınma karakteristiklerinin karşılaştırılması.	70
Şekil 5.3 Kaplanmamış karbür takımı ile IMI318 işlenmesinde kesme hızının bir fonksiyonu olarak takım ömrü ve takım ömrü çizgisi.	70
Şekil 5.4 Dönme etkisi altında 49 dakikada IMI318'in işlenmesinden sonra 129 m/dak, 0.25 mm/dev ve 0.25 mm kesme derinliği için yıpranmış karbür ucunun kesiti.	71

Şekil 5.5 IMI318 işlendiğinde KTDT'nin ömrü üzerinde hızın, ilerleme miktarının ve eğim açısının etkisi.	72
Şekil 5.6 Kaplanmış karbür takımla Inconel 718 işlenmesinde aşınma karakteristiklerinin incelenmesi.	72
Şekil 5.7 Farklı kesme takımları ile Inconel718 işlenirken kesme hızının bir fonksiyonu olarak takım ömrü ve takım ömrü çizgisi.	73
Şekil 5.8 KTDT ile IMI318'in işlenmesinde kuvvet bileşenleri a) $R_a = 3.2 \mu m$ ve b) $3.2 \mu m$	74
Şekil 5.9 KTDT ile 129 m/dak, 0.25 mm/dev ve Kesme derinliği 0.25 mm'de ($\epsilon = 60$) 47 dakika işlemeden sonra elde edilen IMI318'in yüzeyi. a) T: 24.2 dak ve b) T: 15.1 dak.....	75
Şekil 5.10 Soğutucu basıncı 203 bar, ilerleme 0.15mm/dev kullanılarak kaplanmamış karbür uç ile işlemede elde edilen yüzeyler. a) 120 m/dak b) 130 m/dak.....	75
Şekil 5.11 KTDT ile işlemede yüzey pürüzlülük değeri ve kesme zamanları.	76
Şekil 5.12 KTDT ile işlemede yüzey pürüzlülük değeri ve kesme zamanları.	76
Şekil 5.13 Kesme hızı 129 m/dak olan KTDT ile 1 dakikalık işleme sonrası IMI318'in üst yüzey tabakası.....	77
Şekil 5.14 50 m/dak kesme hızı, ilerleme hızı 0.25 mm/dev'de KTDT ile 21 dakikalık işleme sonrasında Inkonel mikro yapısı.	77
Şekil 5.15 129 m/dak kesme hızı, ilerleme hızı 0.25 mm/dev'de KTDT ile işleme sonrasında IMI318'in alt yüzey sertliği.	77
Şekil 5.16 Vaspaloy yüzeyi üzerinde takım dönüşü etkisi. $V = 65 \text{ m/dak.}$, $f = 0.5 \text{ mm/dev}$, $d = 0.2 \text{ mm}$	80
Şekil 5.17 Titanyumu işleme sırasında sabit ve dönen uç için takım aşınma çeşitlerinin resimleri.	80
Şekil 5.18 Deney düzeneği.	81
Şekil 5.19 Etkileşimlerin seçimi için bir fikir (Kriter : yüzey pürüzlülüğü).	83
Şekil 5.20 Lineer grafik.	84
Şekil 5.21 İlerleme yönü boyunca yüzey pürüzlülüğü $R_a (\mu m)$ için temel etki eğrisi.	85
Şekil 5.22 İlerleme yönüne zıt yönde yüzey pürüzlülüğü $R_a (\mu m)$ için temel etki eğrisi.	85
Şekil 5.23 Değişik eğim açılarında temas uzunluğu modeli.	86
Şekil 5.24 Yüzey pürüzlülüğü üzerine kesme derinliğinin etkisi için model.....	86
Şekil 5.25 İlerleme yönü boyunca önceden tahmin edilen ve ölçülen yüzey pürüzlülüğü ($R_a \mu m$) karşılaştırılması.	87
Şekil 6.1 Var olan kendi eksenini etrafında dönen takma uçlu takım a) tutucu aparatı temas yüzeyin teknik resmi b) katı modeli.	88

Şekil 6.4 5^0 ve 45^0 eğim açılı tutucu aparatının teknik resmi.....	90
Şekil 6.5 Mastercam programında parçanın işlenmesi için gerekli operasyonların yapılması sonucu katı simülasyon.	91
Şekil 6.6 Tutucu aparatını elde etmek için gerekli kodların bir kısmı.	91
Şekil 6.7 5^0 ve 45^0 açılara sahip aparatın gerçek görüntüsü.....	92
Şekil 6.8 10^0 ve 30^0 eğim açılarına sahip tutucu aparatının teknik resmi.	92
Şekil 6.9 10^0 ve 30^0 eğim açılarına sahip tutucunun işlemede ilk bağlama sonrasındaki görünüşü.....	93
Şekil 6.10 Dönen takma uçlu takım ve tutucu aparatın montaj modeli.....	93
Şekil 6.11 Dönen takma uçlu takım ve tutucu aparatının montaj hali.....	94
Şekil 6.12 -5^0 talaş açısına sahip kendinden tahrikli dönen takma uçlu takımın tutucu aparatı.....	94
Şekil 6.13 CNC torna tezgahında iş parçası ve takımın görünüşü.	98
Şekil 6.14 0^0 talaş açısında, sabit 60 m/dak kesme hızı ile 1050 imalat çeliğinin tornalanmasında ilerleme hızının değişimine göre 20^0 , 30^0 ve 45^0 eğim açılarında yüzey pürüzlülüğü sonuçları.	99
Şekil 6.15 0^0 talaş açısında, sabit 120 m/dak kesme hızı ile 1050 imalat çeliğinin tornalanmasında ilerleme hızının değişimine göre 20^0 , 30^0 ve 45^0 eğim açılarında yüzey pürüzlülüğü sonuçları.	99
Şekil 6.16 Talaş açısı -5^0 , sabit 60 m/dak kesme hızı ile 1050 imalat çeliğinin tornalanmasında ilerleme hızının değişimine göre 20^0 , 30^0 ve 45^0 eğim açılarında yüzey pürüzlülüğü sonuçları.....	100
Şekil 6.17 Talaş açısı -5^0 , sabit 120 m/dak kesme hızı ile 1050 imalat çeliğinin tornalanmasında ilerleme hızının değişimine göre 20^0 , 30^0 ve 45^0 eğim açılarında yüzey pürüzlülüğü sonuçları.	100
Şekil 6.18 Talaş açısı 0^0 , 20^0 eğim açılı takım için 1050 imalat çeliğinin tornalanmasında ilerleme hızının değişimine göre 120 m/dak ve 60 m/dak kesme hızlarında yüzey pürüzlülüğü sonuçları.....	101
Şekil 6.19 Talaş açısı 0^0 , 30^0 eğim açılı takım için 1050 imalat çeliğinin tornalanmasında ilerleme hızının değişimine göre 120 m/dak ve 60 m/dak kesme hızlarında yüzey pürüzlülüğü sonuçları.	102
Şekil 6.20 Talaş açısı 0^0 , 45^0 eğim açılı takım için 1050 imalat çeliğinin tornalanmasında ilerleme hızının değişimine göre 120 m/dak ve 60 m/dak kesme hızlarında yüzey pürüzlülüğü sonuçları.	102
Şekil 6.21 Talaş açısı -5^0 , 20^0 eğim açılı için 1050 imalat çeliğinin tornalanmasında ilerleme hızının değişimine göre 120 m/dak ve 60 m/dak kesme hızlarında yüzey	

pürüzlülüğü sonuçları.....	103
Şekil 6.22 Talaş açısı -5° , 30° eğim açılı takım için 1050 imalat çeliğinin tornalanmasında ilerleme hızının değişimine göre 120 m/dak ve 60 m/dak kesme hızlarında yüzey pürüzlülüğü sonuçları.....	103
Şekil 6.23 Talaş açısı -5° , 45° eğim açılı takım için 1050 imalat çeliğinin tornalanmasında ilerleme hızının değişimine göre 120 m/dak ve 60 m/dak kesme hızlarında yüzey pürüzlülüğü sonuçları.....	104
Şekil 6.24 0,1 mm/dev ilerleme hızı ve 60 m/dak kesme hızı ile dönen takma uçlu takım için 1050 imalat çeliğinin tornalanmasında eğim açısının ve talaş açısının değişimine göre yüzey pürüzlülüğü sonuçları.....	105
Şekil 6.25 0,2 mm/dev ilerleme hızı ve 60 m/dak kesme hızı ile dönen takma uçlu takım için 1050 imalat çeliğinin tornalanmasında eğim açısının ve talaş açısının değişimine göre yüzey pürüzlülüğü sonuçları.....	105
Şekil 6.26 0,4 mm/dev ilerleme hızı ve 60 m/dak kesme hızı ile dönen takma uçlu takım için 1050 imalat çeliğinin tornalanmasında eğim açısının ve talaş açısının değişimine göre yüzey pürüzlülüğü sonuçları.....	106
Şekil 6.27 0,1 mm/dev ilerleme hızı ve 120 m/dak kesme hızı ile dönen takma uçlu takım için 1050 imalat çeliğinin tornalanmasında eğim açısının ve talaş açısının değişimine göre yüzey pürüzlülüğü sonuçları.....	106
Şekil 6.28 0,2 mm/dev ilerleme hızı ve 120 m/dak kesme hızı ile dönen takma uçlu takım için 1050 imalat çeliğinin tornalanmasında eğim açısının ve talaş açısının değişimine göre yüzey pürüzlülüğü sonuçları.....	107
Şekil 6.25 0,4 mm/dev ilerleme hızı ve 120 m/dak kesme hızı ile dönen takma uçlu takım için 1050 imalat çeliğinin tornalanmasında eğim açısının ve talaş açısının değişimine göre yüzey pürüzlülüğü sonuçları.....	107

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 Müsaade edilen VB değerleri.	22
Çizelge 3.1 KTDT yapısı ve tasarımı.	32
Çizelge 4.1 R_a ile yüzey kalite simgesi arasındaki bağıntı.	65
Çizelge 4.2. N kaliteleri, talaş çinsi, Rz ve Ra arasındaki ilişki.	66
Çizelge 5.1 Ti6A14V ve Vaspaloy kimyasal bileşimi.	79
Çizelge 5.2 Ti6A14V ve Vaspaloy için fiziksel ve mekanik özellikler	79
Çizelge 5.4 Kesme Parametreleri	82
Çizelge 5.5 Kontrol parametreleri, seviye ve etkileşimleri	83
Çizelge 6.1 1050 imalat çeliği kimyasal bileşimi.	95
Çizelge 6.2 Deney için kesme parametreleri.	97

ÖNSÖZ

Yüksek lisans çalışmamda, her türlü olanağı sağlayarak beni her zaman destekleyen, bilgilerini benimle paylaşan ve yardımlarını esirgemeyen değerli Hocam, Sayın Prof. Dr. Erhan ALTAN'a teşekkürlerimi sunuyorum.

Yine çalışmam sırasında benimle bilgilerini paylaşan ve yol gösteren değerli Hocam, Sayın Yrd. Doç. Dr. Murat KIYAK'a, derslerden bu yana tüm destekleri için Sayın Ar. Gör. A. Serdar VANLI'ya, Sayın Arş. Gör. Oktay ŞAHİN'e, Sayın Arş. Gör. Alper UYSAL'a, Yalçın ÖZSOY'a ve tüm arkadaşlarıma teşekkür ediyorum.

Bana sağladıkları anlayış ve imkanlardan ötürü çalıştığım şirketim Ses3000'e ve çalışanlarına, Has-Kes Kesici Takım'a ve Kemal Bey'e, Deteck Medical'den Ferhat ve Dursun Bey'lere teşekkürü bir borç bilirim.

Beni hiçbir fedakarlıktan kaçmadan büyüten, maddi manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen ve her zaman yanımda olan sevgili anneme, babama ve ablalarıma çok teşekkür ediyorum.

ÖZET

Klasik talaş kaldırma işlemlerinde, özellikle sertleştirilmiş çeliklerin tornalanmasında ve kesilmesi zor malzeme olan titanyum ve nikel alaşımlarının işlenmesinde iş parçası, takım ve çıkan talaşın karşılıklı etkileşimlerinden oluşan mekanik enerji ısı enerjisine dönüştürülür. Bu, takımın sıcaklığının artmasına ve takımın aşınmasına neden olur. Bu aşınma, hem takımın ömrüne hem de işlenmiş yüzeyin finiş kalitesine olumsuz etki eder.

Takımdaki bu sıcaklık artışını azaltmak için birçok yöntem arayışlarına gidilmiştir. Kesme sıvıları günümüzde bu ısı transferini gerçekleştirmek için kullanılır. Bir başka yöntem ise, takımdaki aşınmaların azalması, takım ömrünün artması talaş kaldırma esnasında talaş ile takımın temas bölgesindeki kesici ağzın devamlı değişmesi ile kenarın doğal soğumasının sağlanması bir çözüm olarak düşünülmüş böylece, sürekli kesme için temas bölgesi devamlı değişen sınırsız kesme boyu veren kendi eksenine etrafında dönen takma uçlu plakeler veya dairesel profilli dönen kesici takımlar kullanılmaya başlanmıştır. Bu takım aşınmasının kesme takımının tamamına düzgün bir şekilde yayılmasını sağlamıştır.

Bu çalışmada, önce genel tornalama ve frezeleme için kesici takım malzeme ve özellikleri hakkında bilgi verilmiş, sonra dönen takma uçlu kesici takımların genel özellikleri, uygulama şekilleri ile ilgili bir literatür araştırması yapılmış, dönen takma uçlu kesici takımların (rotary tool) işleme kalitesine etkisinin araştırılması kapsamında kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerini araştıran geçmiş çalışmalar incelenmiştir. Son bölümde, Goodway marka CNC torna tezgahının taretine uygun, önceden Yıldız Teknik Üniversitesi'nde yaptırılan dönen takma uçlu kesici takıma 0° talaş açısına sahip 20° , 30° ve 45° eğim açısında ve -5° talaş açısına sahip 20° , 30° ve 45° eğim açısında özel tutucu aparatları tasarlanıp imal edilmiştir. Bu tutucu aparatına monteli dönen takma uçlu kesici takım kullanılarak örnek bir parça tornalama ile işlenmiş ve talaş açısı, eğim açısı, ilerleme hızı, kesme hızı gibi kesme parametreleri değiştirilerek işlenmiş yüzeyin pürüzlülük analizleri yapılmıştır. Talaş açısı için 0° ve -5° ; eğim açısı için 20° , 30° ve 45° ; ilerleme hızı için 0.1, 0.2, 0.4 mm/dev ve kesme hızı için de 60 ve 120 m/dak'lık değerler seçilmiş ve 36 farklı değişkenle çalışma yapılmıştır. Kesme derinliği sabit 0,25 mm'dir.

Araştırmalar göstermiştir ki yüzey pürüzlülüğüne etki eden en önemli faktörler takımın eğim açısı ve takım talaş açısıdır. Bu açıların belirli değer aralıklarında olmasının yanında, 0° talaş açısı için takımın eğim açısındaki artış genel olarak yüzey pürüzlülüğünü azaltır. Ayrıca, kesme hızı ve ilerleme hızı yüzey pürüzlülüğü üzerinde genelde konvansiyonel işlemlerdeki gibi davranışı vardır. Bu çalışma için en iyi yüzey pürüzlülüğü 0° talaş açısı, 45° eğim açısında, 0,1 mm/dev ilerleme hızında ve 120 m/dak kesme hızında sağlanmıştır. Ayrıca 0° talaş açısında eğim açısının deneydeki en yüksek değeri olan 45° 'de ilerleme hızının artmasına bağlı olarak yüzey pürüzlülüğünün azaldığı görülmüştür. Bununla birlikte, deneyler göstermiştir ki, kesme kenarının dairesel olması sebebiyle yüzey kalitesinin artması için sistem montajının yeterli rijitte olması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Dönen takma uçlu takımlar, yüzey pürüzlülüğü, kendinden tahrikli dönen takma uçlu takımlar.

ABSTRACT

In classic removal chip formation processes, especially turning of hardened steel and difficult to cut material as alloys of titanium and nikels which generate mechanic energy by influence with reaction workpiece, cutting tool and chip formation transforms heat energy. This tends to increase the tool temperature and subsequent tool wear which are not desirable because they negatively impact the accuracy of the machined surface and tool life.

There are many approaches to minimize the impact of heat generation on tool life. In this days, cutting fluid is used to realize heat transforms. Another approach is to remove the heat generated through a cooling cycle as in interrupted cutting. The idea is to either translate a wide tool to the side as it moves forward relative to the workpiece, which allows for dissipation of heat throughout the body of the tool or to use a cutting edge in the form of a disk that rotates about its principal axis. Rotary tool provides a rest period for the cutting edge, thus enabling the edge to be cooled and a continuously fresh portion of the edge to be engaged with the workpiece.

At this study, firstly gives acknowledgment about cutting tools properties and material for turning and milling, then researches literatures about rotary tools, general properties and applications, preceding studies which deal with inspection of cutting parameters effect for surface roughness. Finally, some specially holder aparats which have 10° , 30° and 45° inclination angles with 0° and -5° rake angles were designed and manufactured special for Goodway CNC turning tools turret for appropriate cutting. Using existent rotary tool which had been manufactured in Yıldız Teknik University before with this holder aparats, a sample turning part was machined and analyze the surface roughness of this turning part changing the cutting parameters as rake angle, inclination angle, cutting speed and feed rate. For rake angle 0° and -5° ; for inclination angle 20° , 30° and 45° ; for cutting speed 60 and 120 m/min and for feed rate 0.1, 0.2, 0.4 mm/rev was selected and with 36 different parameteres was performed for this study. Cutting dept was constant with 0,25 mm.

All studies show that the important factor for effect of surface roughness in rotary tool is inclination angle. This angle must have some angle limit for design and appropriate cutting but generally an increase for the angle get better surface finish. Effect of cutting speed and feed rate traditionally the same with convansiyonel cutting. The best surface quality in this study was obtained with rake angle 0° , inclination angle 45° , 0,1 mm/rev feed rate and 120 m/min cutting speed. At highest inclination angle value with 0° rake angle for this study (45°), an increase for feed rate decreases the surface roughness. Besides, this experiment shows that get the better surface quality when machining with rotary tools because of its cutting edge is circular, system configuration must be adequate rigity.

Key words: Rotary tools, surface roughness, self propelled rotary tool

1. GİRİŞ

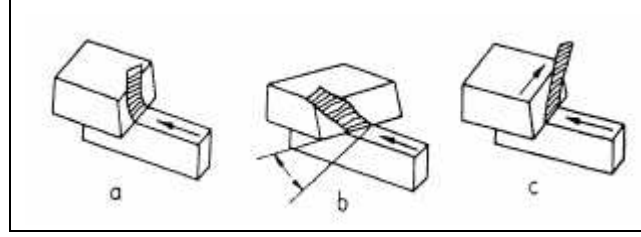
Malzemelerden talaş kaldırma ekonomik üretimler için en eski ve en temel şekillendirme işlemlerinden biridir. Metal işlemede talaş kaldırma işlemi, hem iş parçasının hem de kesici takımın mekanik ve kimyasal özelliklerini etkileyen ısı oluşumunu beraberinde getirir. Yüksek sıcaklıklar takımın termal yumuşamasını hızlandırmaya neden olur ki bu da işleme yüzeyine ve takım ömrüne negatif bir şekilde etki ettiğinden istenen bir durum değildir.

Nikel bazlı ve titanyum alaşımları gibi uzay süper alaşımları ve seramik ve tantalyum gibi diğer gelişmiş mühendislik malzemeleri genellikle yüksek sertliklerde oluşan sıcaklığı elemine etmeleri, kimyasal etkilere karşı ve aşınma dirençleri gibi ortak özelliklerinden dolayı uzay, elektronik, savunma, sayfa ve kağıt hamuru, diş hekimliği, ortopedik ve deniz suyu servisleri için yapısal elemanlar olarak kullanılır. Yüksek sıcaklıklarda bu özelliklerini koruyabildikleri için bu alaşımların işlenebilirliği zordur. Bu yüzden genel olarak işlenmesi zor alaşımlar olarak adlandırılırlar. Sertleştirilmiş çeliklerde ve işlenmesi zor malzemelerde daha iyi yüzey kalitesi elde etmek için taşlama yerine tornalama ekonomik bir metottur [9]. Bundan birkaç yıl önce, sertleştirilmiş çeliklerin ve işlenmesi zor malzemelerin taşlama yerine kuru işleme kullanılması endüstrinin ilgisini çekmiştir. Örnek olarak otomotiv diferansiyel yan dişlisinin kuru sert tornalanması bu teknolojinin başarılı endüstriyel uygulamasıdır. Bu teknoloji hem işleme zamanını hem de spesifik kesme enerjisini azaltır ve konvansiyonel tornalama işlemlerinde kullanılan kesme sıvılarının zararlı etkilerini elemine eder.

Sert tornalama ile elde edilen yüzey tamlığı önemli bir konudur. İşleme sırasında ortaya çıkan gerilmelerin kontrolü bu teknolojinin geniş çaplı endüstriyel uygulamaları için önemli bir kavram teşkil eder. Sert tornalama takım malzemesinin yüksek aşınma direnci ve oluşan spesifik kesme kuvvetlerine ve oluşan yüksek sıcaklıklara karşı gelebilecek özellikte olmasını gerektirir. Kesme kenarının plastik deformasyonu ve takım aşınması işlenmiş yüzeyin kalitesine ve yüzey tamlığına etki ettiği için seramikler ve polikristal kübik bor nitrür (PCBN) takımlar genel olarak sert tornalamada kullanılır.

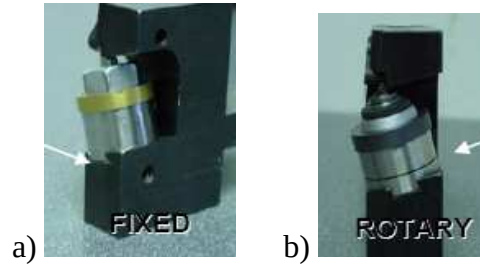
Metal kesmede takım ömrüne etki eden ısı oluşumunu azaltmak için birçok yaklaşımlar vardır. İlki, kesme sıvısını kullanmaktır. Ancak, kesme sıvısının etkinliği takım ve talaş arasında nüfus etki kabiliyetine bağlıdır. Ayrıca, kesme sıvılarının kullanımı sağlık açısından sıkıntı doğurabilir. Bir temel yaklaşım da ısı oluşumunu aralıklı veya kesintili kesme ile uzaklaştırmaktır. Bu düşünce, ya geniş bir takımın kenarına doğru takımın gövdesinden dışarıya doğru bir ısı dağılımına izin veren iş parçasına düz relatif bir hareket ile (Şekil 1.1c)

ya da kendi asal eksenini etrafında dönen bir disk formunda kesme kenarı kullanılmakla olur [5].

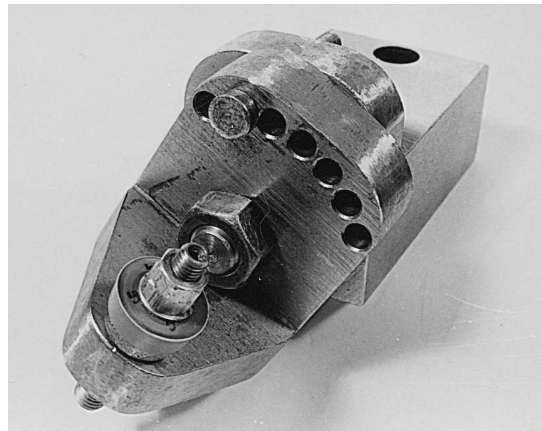


Şekil 1.1 Kesme takımlarının üç temel tipi. a) ortagonal takım, b) obliq takım, c) dilimleme etkisi ile kenara doğru hareket eden takım [5].

Takımdaki aşınmaların azalması, takım ömrünün artması talaş kaldırma esnasında talaş ile takımın temas bölgesindeki kesici ağzın devamlı değişmesi ile kenarın doğal soğumasının sağlanması bir çözüm olarak düşünülmüş böylece, sürekli kesme için temas bölgesi devamlı değişen sınırsız kesme boyu veren kendi eksenini etrafında dönen plaketer veya dairesel profilli dönen takma uçlu kesici takımlar kullanılmaya başlanmıştır (Şekil 1.2).

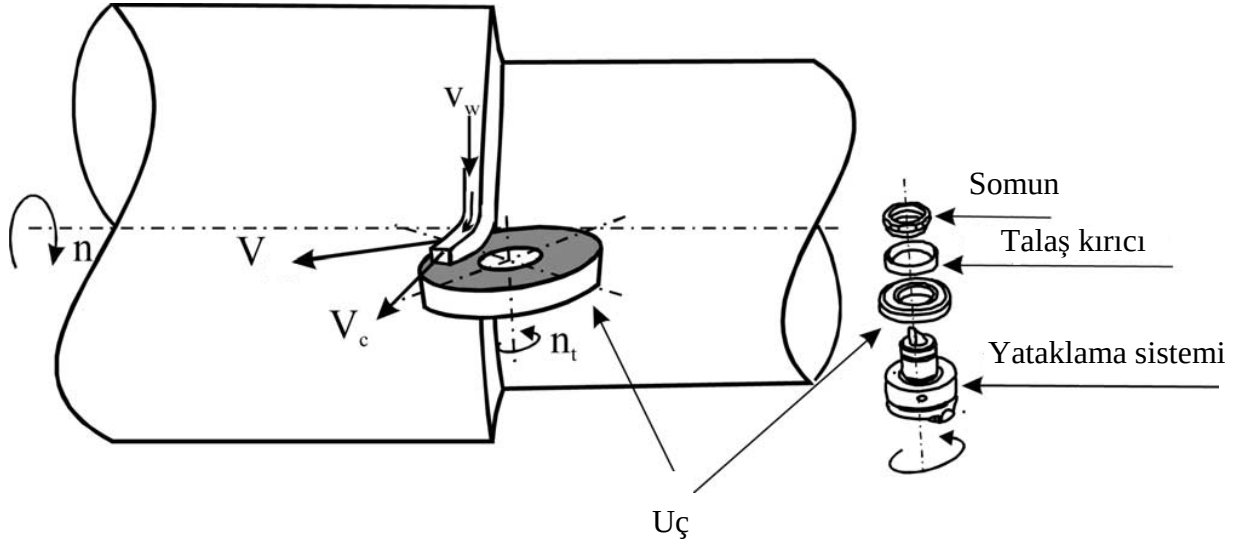


Şekil 1.2 Sabit (a) ve dönen takma uçlu (b) kesici takımlar [12].



Şekil 1.3 Döner takma uçlu kesici takım ve tutucusu [7].

Dönen takma uçlu kesici takım (rotary tool) olarak bilinen takım (Şekil 1.4), kesme kenarı için uygun bir gelişim sağlar. Bununla kesme kenarını soğutarak iş parçası ile temasta olan yerlerde daha uygun bölümler elde edilir. Sanki tornalama işlemlerinde tek bir nokta kullanarak sertleştirilmiş çeliklerin işlenmesinde takım ömrünü uzatan ve kesme takımlarının yüksek değiştirme maliyetlerini azaltan bir takım gibi potansiyeli vardır. Ucun dönmesi dışarıdan tahrikli bir sürücü ile (Driven Rotary Tool) olabildiği gibi talaş formasyonu sayesinde kendinden tahrikli de (Self-Propelled Rotary Tool) olabilir [5].



Şekil 1.4 İşleme sırasında tipik bir dönen takma uçlu takım [9].

Sertleştirilmiş malzemelerin konvansiyonel metotla işlenmesi genellikle tavllanmış iş parçasının kaba işlenmesini içerir. Sonra ısı artışı ile birlikte taşlama ve süper finiş ya da honlama ile devam eder. Çok adımlı işlemin temel sorunu yüksek maliyet ve zamandır. Ayrıca, bu işlem her operasyon için birçok makine gerektirir.

Sert tornalama işlemi, yaklaşık olarak 45 HRC ve üzerindeki malzemeleri polikristal kübik bor nitrür (PCBN) veya seramikler gibi aşırı sert, aşınma dirençli takım kullanarak tek bir noktadan işlemeye dayanır. Bu işlem tek bir tezgah kullanarak kaba işlemedeki talaş kaldırma miktarlarına yakın ve taşlama ile karşılaştırılabilir yüzey karakteristikleri sağlar. Ayrıca, konvansiyonel işleme düzenine de cazip bir alternatif sağlar. Çünkü, operasyon sayısı azaltılmış ve bütün işleme süreci gerçekleştirilmiştir. Üstelik, sert tornalama için kullanılan tezgah taşlama için kullanılandan daha ucuzdur ve sert tornalama sırasında oluşan talaşlar taşlamada oluşana göre daha kolay geri dönüştürülür. Bu yüzden sert tornalama, yerine geçebilecek taşlama operasyonlarına göre maliyetleri azaltma ve çevresel avantajlar sağlar [5].

Bu çalışmada, önce genel tornalama ve frezeleme için kesici takım malzeme ve özellikleri hakkında bilgi verilmiş, sonra dönen takma uçlu takımların genel özellikleri, uygulama şekilleri ile ilgili bir literatür araştırması yapılmış, dönen takma uçlu takımların işleme kalitesine etkisinin araştırılması kapsamında kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerini araştıran geçmiş çalışmalar incelenmiştir. Son bölümde, Goodway marka CNC torna tezgahının taretine uygun, önceden Yıldız Teknik Üniversitesi'nde yaptırılan dönen takma uçlu kesici takıma 0^0 talaş açısına (γ) sahip 20^0 , 30^0 ve 45^0 eğim açısında ve -5^0 talaş açısına sahip 20^0 , 30^0 ve 45^0 eğim açısında özel tutucu aparatı tasarlanıp imal edilmiştir. Bu tutucu aparatına monteli dönen takma uçlu kesici takım kullanılarak örnek bir parça tornalama ile işlenmiş ve talaş açısı, eğim açısı, ilerleme hızı, kesme hızı gibi kesme parametreleri değiştirilerek işlenmiş yüzeyin pürüzlülük analizleri yapılmıştır. Talaş açısı için 0^0 ve -5^0 ; eğim açısı için 20^0 , 30^0 ve 45^0 ; ilerleme hızı için 0.1, 0.2, 0.4 mm/dev ve kesme hızı için de 60 ve 120 m/dak'lık değerler seçilmiş ve 36 farklı değişkenle çalışma yapılmıştır.

2. KESİCİ TAKIMLAR HAKKINDA GENEL BİLGİLER

2.1 Takım Malzemeleri ve Özellikleri

Parça malzemesine nüfus etme, talaş kaldırma sırasında oluşan kuvvetler, basınçlar, darbeler, ısı oluşumu, aşınma gibi olaylar ve ekonomik faktörler göz önüne alınırsa takım malzemesinde olması gereken özellikler yüksek sertlik, yüksek eğilme mukavemeti, basma kuvveti ve tokluk, yüksek sıcaklığa ve aşınmaya karşı dayanıklılık, kolay işlenebilirlik ve ucuz olmasıdır.

Günümüzde tüm bu özelliklere sahip olan bir takım malzemesi yoktur. Genellikle yüksek sertliğe sahip, yüksek ve aşınmaya dayanıklı takım malzemeleri eğilme, basınç ve darbelere karşı mukavemetleri düşük, zor işlenebilen ve pahalı malzemelerdir. Mühendisliğin diğer konularında olduğu gibi bu hususta da önemli olan verilen işe göre birbirine zıt olan teknik ve ekonomik konuları bağdaştıracak şekilde en uygun takım malzemesini seçmektir.

Takım malzemeleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir [1].

1- Kimyasal bileşime göre: Karbon çelikleri, az alaşımlı çelikler, hız çelikleri (yüksek alaşımlı çelikler), demir olmayan metalik alaşımlar (stellitler), sinterlenmiş karbürler (sert metaller), seramikler, elmaslar ve abrezifler. Karbon çelikleri, az alaşımlı çelikler ve hız çelikleri takım çelikleri grubunu oluştururlar.

2- Cinsine göre: Metalik, takım çelikleri, stellitler ve sert metaller; metalik olmayan malzemeler, seramikler, elmaslar, abreziflerdir. Metalik gruptan takım çelikleri demir esasından; stellitler ve sert metaller ise demir esasından olmayan malzemelerdir. Ayrıca takım çelikleri ve stellitler dökme; sert metaller de sinterleme yolu ile elde edilir.

3- Sertliğe göre: Sertleştirme yolu ile sertlik kazananlar, takım çelikleri; doğal sertliğe sahip olanlar, stellitler sert metaller, seramikler, elmaslar ve abreziflerdir.

4- İmalat şekline göre: Yekpare (kesici uç ve sap kısmı ile birlikte), karbon çelikleri, az alaşımlı çelikler ve kısmen hız çelikleri; kaynaklı (kesici uç sapa kaynakla bağlanmış), kısmen hız çelikleri, stellitler, sert metaller, seramikler ve kısmen elmaslar; tane şeklinde, kısmen elmaslar ve abreziflerdir.

5- Mekanik özelliklere göre: Yüksek sertliğe sahip, yüksek sıcaklığa ve aşınmaya dayanıklı olanlar ve eğilme, basma ve darbelere mukavim olanlardır.

Sertliği dolayısıyla aşınma mukavemeti en yüksek fakat tokluğu en düşük olan takım malzemesi seramiklerdir. Daha sonra karbürler ve hız çelikleri gelir. En düşük sertliğe fakat yüksek bir tokluğa sahip olan karbonlu ve az alaşımlı çeliklerdir.

2.1.1 Takım Çelikleri

Bu grubu oluşturan karbon çelikleri, az alaşımlı çelikler ve hız çelikleri sertliklerini sertleştirme yoluyla kazanırlar. Sertleştirme, malzemenin ısıtılmasına ve yüksek bir hızla soğutulmasına dayanan bir ısıl işlemdir. Soğutma kritik soğuma hızından daha büyük bir hızla gerçekleşir. Kritik soğuma hızı, ostenit yapısına sahip bir çeliğin tamamen martenzit yapıya dönüşmesine sağlayan minimum soğutma hızıdır. Bu hız, çeliğin karbon miktarına bağlıdır. Dolayısıyla her çeliğin farklı kritik soğuma hızı vardır.

Soğutma tuzlu suda, suda, yağda, ergimiş tuzda veya havada yapılabilir. Ancak teorik incelemelerde suda, yağda ve havada soğutma esas alınır. En yüksek soğuma hızı suda, en düşüğu ise havada elde edilir. Karbon çelikleri (alaşımsız çelikler) yüksek soğuma hızına ihtiyaç duydukları için suda soğutulurlar. Alaşımlı çelikler ise alaşım miktarına göre yağda veya havada soğutulurlar. Bu nedenle bunlara yağ ve hava çelikleri de denilir.

Takım malzemeleri için bir diğer önemli kavram ise kızıl sertliktir. Kızıl sertlik takımın kesici ucunun kızıl sıcaklığa ulaştığı halde, kesme kabiliyetini kaybetmediğini gösteren bir özelliktir. Dolayısıyla bu malzemeler yüksek kesme hızlarına sahiptir. Sertliklerini sertleştirme yoluyla kazanan takım çelikleri, kızıl sertlik özelliğine sahip değildir. Bu nedenle bu malzemelerin, özellikle karbon çeliklerin ve az alaşımlı çeliklerin, çalışma sıcaklığı ve buna bağlı olan kesme hızları düşüktür.

Çeliklerin alabileceği maksimum sertlik karbon miktarına bağlıdır. Bu bakımdan ancak % 0,3'ün üstünde karbon içeren çelikler sertleştirilebilirler. Karbon miktarı % 0,3 ile % 0,7 arasında olan çeliklerin alabilecekleri maksimum sertlik, karbon miktarının artmasıyla hızlı bir şekilde artar. Karbon miktarının % 0,55 ile % 0,7 arasında olması halinde sertlik maksimum bir değere ulaşır. % 0,7'nin üstünde olduğu durumda ise bir büyüme göstermez.

2.1.1.1 Karbon (Alaşımsız) Takım Çelikleri

En eski takım malzemeleri olan karbon takım çelikleri, karbon miktarı % 0,6 ile % 1,4 arasında olan ergime koşullarının daha iyi kontrol edilebilmesi için küçük kapasiteli elektrik fırınlarında ergitilen ve vakum kokil döküm ile yani itinalı olarak imal edilen karbon

eliklerdir.

Suda sertleştirilen karbon takım elikleri, RC = 58...64 arasında sertlik kazanırken suda soğutmanın tüm menfi özelliklerine de sahip olurlar. Yani sertleşme esnasında şekil bozuklukları meydana gelebilir. Maksimum alışma sıcaklıkları $200^0...250^0$ arasında ve kesme hızları genellikle 10 m/dak’dır.

DIN standartlarına göre karbon takım elikleri C100W1, C110W1, C75W3 şeklinde simgelenir. Karbon takım çeliklerinin en büyük üstünlükleri, kolay işlenmeleri ve ucuz olmalıdır. Günümüzde sanayileşmiş ölkelerde bu çelikler hemen hemen hiç kullanılmazlar.

2.1.1.2 Az Alaşımli Takım elikleri

Kesme özelliklerini iyileştirmek amacı ile karbon takım çeliklerine az miktarda krom (Cr), vanadyum (V), tungsten (W), molibden (Mo), manganez (Mn) gibi alaşımli elementleri ilave edilen çeliklerdir. Alaşım elementleri bu çeliklere yağda ya da havada sertleşme olanağı sağlarlar. Bu bakımdan bu çelikler hava ve yağ çelikleri olmak üzere ikiye ayrılırlar. Yağ elikleri, % 0,9...% 1,45 C, % 1...% 1,6 Mn, % 1 Si, % 0,5...% 0,75 Cr, % 0,25...% 1,75 W, % 0,25 Mo; hava elikleri, % 0,7...% 1 C, % 2...3 Mn, % 1...5 Cr, % 1 Mo içerirler. Yağ eliklerinde sertleştirme esnasında azda olsa şekil bozuklukları meydana gelebilir; hava çeliklerinde ise bu olay görülmez.

Az alaşımli takım çeliklerinin kesme özellikleri, karbon takım çeliklerinden çok farklı değildir. Çalışma sıcaklıkları $250^0...300^0C$ ’yi geçmez. Sanayileşmiş ölkelerde bu çelikler ancak çok özel maksatlar için kullanılır.

2.1.1.3 Hız elikleri (HSS)

Hız elikleri % 1,2...% 19 volfram (W) ve % 4 krom içeren yüksek alaşımli çeliklerdir. Pratikte çok kullanılan bu çeliklerin özellikleri şöyledir:

Alaşım, % C = 0,6...1,6; % Co = 2...14; % Cr = 4; % Mo = 0,7...10; % V = 1,4...5; % W = 1,2...19. Çalışma sıcaklığı 600^0C ’den az; sertliği 62...65 RC; elik için kesme hızı 30...40 m/dak’dır.

Takım elikleri ve hız çeliklerinin kesme kabiliyetini arttırmak için siyanürleme, karbonitrürleme, buharlı ortamda ısıl işlem yapılması, krom ile elektro kaplama gibi yöntemler uygulanmaktadır.

2.1.2 Demir Olmayan Metalik Alaşımlar

Ticari ismi stellite olan bu malzemeler tungsten, krom ve kobalt alaşımlarıdır. 60...62 RC sertliğine sahip, aşınmaya dayanıklı ve çalışma sıcaklığı 800°C civarında olan bu malzemeler ancak dökme ile elde edilebilir veya taşlama yolu ile işlenebilirler. Avrupa'da hemen hemen hiç kullanılmayan bu malzemeler Amerika'da bazı alanlarda kullanılmaktadır.

2.1.3 Sinterlenmiş Karbürler

Avrupa'da sert metal (HM-Hard Metal) adını taşıyan sinterlenmiş karbürler, bağlayıcı malzemeleri kobalt (Co) olan, tungsten (WC), titan (TiC) ve tantal (TaC) karbürlerinden sinterleme yolu ile elde edilen malzemelerdir. Bu işlemde tungsten, titan ve tantal karbürlerine, toz haline getirildikten ve istenilen oranda birbirleriyle karıştırıldıktan sonra preslerde yüksek basınç altında ön sinterleme yapılır. Buradan çıktıktan sonra taşlama yoluyla son şekil verilir ve 1400...1600°C'de son sinterleme yapılır. Preslenen toz metal yapısı gözeneklerle doludur. Sinterleme, presleme esnasında oluşan gözeneklerin dolmasını, atomlar arasındaki kuvvetli bağın oluşmasını sağlayan en uygun sıcaklıkta, en uygun sürede, en uygun takım malzemesinin elde edilmesini gerçekleştiren bir ısı işleminden ibarettir.

Çok sert, yüksek sıcaklığa ve aşınmaya dayanıklı, yüksek çalışma sıcaklığı ve kesme hızına sahip bu malzemeler günümüzde gittikçe daha çok kullanılmaktadır. Sinterlenmiş karbürlerin özellikleri şöyledir:

Alaşım: % WC = 60...92; % TiC + TaC = 1...60; % Co = 5...17. Çalışma sıcaklığı 900...1000°C; sertlik 87...92 RA; çelik için kesme hızı 80...300 m/dak'dır.

Sinterleme işleminden sonra elde edilen plakette metal işlemede kesici uç olarak kullanılırlar. Günümüz koşullarında ve özellikle CNC takım tezgahlarında, talaşlı imalat için kullanılan sinterlenmiş karbür (HM) uçlar, çok yüksek kesme hassasiyeti ve kalınlık elde etmek için özel tezgahlarda taşlanırlar. Boyutlar, köşe radyüsleri, pahlar, kesme ve boşluk açıları, talaş kırma kanalları, hepsi taşlama sırasında oluşturulur. Genellikle kesici uç geometrisi, karbür tozların preslendiği kalıplarda şekil alır.

Sinterlenmiş karbür uçlar, ISO standardına renk, harf ve rakamlarla sınıflandırılırlar. Mavi – P, çelik, çelik döküm, paslanmaz çelik ve dövme çelikler gibi sürekli talaş oluşturan parçaların işlenmesinde kullanılır.

Sarı – M, östenitik paslanmaz çelikler, ısıl dirençli malzemeler, mangan çeliği, alaşımlı

dökme demir gibi işlenmesi zor malzemelerde kullanılır.

Kırmızı – K, Dökme demir, sertleştirilmiş çelik gibi kısa talaş oluşturan malzemeler ile alüminyum, bronz, plastik gibi demir olmayan malzemelerin işlenmesinde kullanılır. Her grubu oluşturan malzeme çeşitleri, aşınma mukavemeti, ve tokluğunu (darbeye karşı mukavemet) gösteren 01, 10, 20, 30, 40, 50 rakamları ile simgelenmiştir. Rakamlar büyüdükçe malzemenin aşınma mukavemeti azalırken tokluğu büyür.

ISO sınıflandırma sistemine göre, karbür uç kaliteleri,

Mavi – P : P.01, P.10, P.30, P.50

Sarı – M : M.10, M.20, M.30, M.40

Kırmızı – K: K.01, K.10, K.20, K.30 şeklindedir.



Şekil 2.1 Karbür uç kaliteleri ve uygulaması [10].

Sıcaklığa ve aşınmaya karşı çok mukavim olan bu malzemelerin eğilme ve darbe mukavemetleri çok düşüktür. Bu nedenle kesme özellikleri ile birlikte eğilme ve darbe mukavemetini de iyileştirmek için 5 mm. kalınlıkta sinterlenmiş karbürle kaplanmış çeliklerden çok iyi sonuçlar veren takımlar yapılmıştır. Genel olarak sert metaller gerek içerdikleri malzemelerden gerekse imalat yönteminden ötürü pahalı malzemelerdir.

2.1.3.1 Karbür Uçların Kaplanması

Kesici takım alanındaki bir gelişme sinterlenmiş sert metal karbürlerin talaş kaldırma esnasındaki direncini arttırmak, körlenmeyi geciktirmek ve kullanma ömrünü uzatmak amacıyla Titanyum karbür (TiC) kaplanması olayıdır [2]. Kaplamalı karbür uçlardan iyi neticelerin alınmasıyla uç üreticilerini, bu konuda daha detaylı çalışmaya, değişik kaplama malzeme cinslerini bularak kaplama teknolojisini geliştirmişlerdir.

En belli başlı kaplamalı karbür uç malzemeleri :

1. Titanyum Karbür (TiC)
2. Titanyum Nitrür (TiN)
3. Alüminyum oksit (Al_2O_3 – seramik)
4. Titanyum karbonitrür (TiCN)
5. Kübik Bor Nitrür (CBN)’dür.

TiC ve Al_2O_3 kaplamalı karbür uçlar aşınmaya karşı yüksek dirençli başka malzemelerle reaksiyona girmeyen çok sert karbürlerdir. Kaplama işlemi günümüzde hemen hemen tüm kesici uç ve ana malzemeler için yaygın olarak kullanılmaktadır. Sert metal plaketer, sert metal matkap uçları, sert metal parmak frezeler, titanyum esaslı kaplama malzemeleri ile kaplanmaktadır.

Kaplama renkleri, malzeme cinsine göre farklı olmaktadır. TiN kaplama altın sarısı; TiC kaplama gri ve Al_2O_3 kaplama şeffaf, renksizdir.

Kübik bor nitrür, elmaştan sonra ikinci en sert karbürdür. Çok yüksek sertlik, çok yüksek sıcaklığa ($2000^{\circ}C$) dayanabilen, aşınmaya karşı mükemmel direnç gösterebilen çok değerli bir karbür uçtur.

CBN uçlar ile dövme çelikler, sertleştirilmiş çelikler, dökme demir, kobalt ve demir esaslı toz

metal malzemeler, ısıl dirençli alaşımlar rahatlıkla işlenebilir. CBN uçlar genellikle sertliği HRC 48'den fazla olan malzemelerin işlenmesinde tercih edilir.

Sinterlenmiş kaplamalı karbürler, modern kimyasal buhar biriktirme (CVD) tekniğiyle kesici uç üzerine üst üste kaplanmasıyla üretilirler. Esas itibarıyla CVD kaplama, hidrojen, titanyum klorür ve metan gazlarının farklı kimyasal reaksiyonu sonucu, titanyum karbür kaplama işlemidir.

CVD modern kimyasal buhar biriktirme tekniği ile kaplama bugün hemen hemen tüm kesici uç, ana malzemeleri için yaygın olarak kullanılabilen bir yöntemdir. Kaplama tabakaları ile ana malzeme arasındaki yapışma mükemmeldir.

CVD yöntemine alternatif kaplama tekniği olarak PVD metodu geliştirilmiştir. PVD tekniği ile yapılan kaplamaların özellikleri şunlardır [18]:

- 1- Isıl işlem görmüş takım çeliklerinin 180-1600°C arasında kaplanabilmesi ve parçalarda sertlik kaybı olmaması,
- 2- Kaplanan tabakalarda çok yüksek tutunma kuvvetlerinin oluşması ve yüzeyden pul pul dökülmemesi,
- 3- Sık dokulu kristal tabaka yapısının olması,
- 4- Çok ince (1-5 µm) kaplama yapılabilmesi ve parça toleransının muhafaza edilmesi,
- 5- Kompleks geometrik parçaların döner mekanizmalarla homojen özelliklerde kaplanabilmesi,
- 6- Köşelerin ve keskin uçların keskinliğinin bozulmadan kaplanabilmesi,
- 7- Takımların ve kalıpların bilendikten sonra tekrar kaplanabilmesi,
- 8- Kaplamaların sökülerek tekrar kaplama yapılabilmesidir.

PVD fiziksel buhar biriktirme yöntemi ile kaplanmış sert metal karbür uçlar, yüksek aşınma direncine sahiptir. İşlediği yüzey kalitesi yüksektir. PVD kaplamalı karbür uçlar özellikle CNC'lerde vida çekme işlemi için uygundur. Aşınmaya karşı iyi performans gösterir.

2.1.4 Seramikler

Ana malzemesi alüminyum oksit olan ve sinterleme yolu ile imal edilen malzemelerdir. İçerdiği alüminyum oksitin saflığı % 99,7 civarında, en yüksek sertliğe sahip, yüksek

sıcaklığa ve aşınmaya karşı çok dayanıklı olan ve yüksek kesme hızlarında kullanılabilen seramikler darbe ve eğilme mukavemetleri çok düşüktür. Seramik takım malzemelerin özellikleri:

Çalışma sıcaklıkları 1800°C ; sertlik 89...95 RA; çelik ve dökme demir için kesme hızı 100...300 m/dak; ince talaş için kesme hızı 200...1000 m/dak'dır.

Seramikler bileşenlerine göre üçe ayrılırlar. Saf alüminyum oksit (Al_2O_3), Sermet (Seramik + Metal) denilen ve saf alüminyum oksit ile Mo, Cr, Fe, Ni gibi metallerin karışımı; alüminyum oksit ile WC, TiC gibi metalik karbürlerin karışımıdır.

Seramiklerin yoğunluğu düşük ve hafiftirler. Talaş kaldırırken malzeme üzerine basma mukavemeti yüksektir, çok daha kırılgandır. Plastik uzama yoktur. Elastikiyet gerilme değeri (elastikiyet modülü) çeliğin iki katıdır. Seramik uçlar genellikle sert (sulu) çeliklerin, ısıl dirençli alaşımların ve dökme demirlerin işlenmesinde kullanılmaktadır.

2.1.5 Elmaslar

En sert malzeme olan elmas, sıcaklığa ve aşınmaya karşı çok dayanıklı fakat çok kırılgan ve pahalı bir malzemedir. Kırılgan olduğu için ince veya çok ince talaş kaldırma işlemlerinde kullanılır. Elmas ile işlenerek elde edilen yüzeylerin pürüzlülüğü $0,1\mu\text{m}$ civarındadır. Normal işlerde 100 ile 500 m/dak arasında olan kesme hızı, özel hallerde 3000 m/dak'ya çıkabilir. İşleme sıcaklığı 1500°C kadardır. Elmas ile alüminyum ve alaşımları, bakır ve alaşımları, bronz, pirinç, platin, altın, gümüş, sert ve yumuşak lastik, pleksiglas, teflon, bakalit, sert kağıt vb. malzemeler işlenir.

Takım malzemesi olarak kıymetli taşlardan ayrı bir grup oluşturan sanayi elmasları kullanılır. Bunlar pratikte tek parça, çok kristalli (polikristal) elemanlar veya toz şeklinde uygulanır. Çok kristalli elemanların ana gövdeleri sert metaldir. Gövdenin ağız kısmına çok yüksek basınçlarda ve çok yüksek sıcaklıklarda (2200°C), çok küçük elmas tanecikleri kristalize edilir. Bu elemanlar takım sapına lehim yoluyla tespit edilirler ve oldukça kalın talaş kaldırabilirler.

Elmas tozu, çok yüksek basınç ve sıcaklığın etkisi altında grafitten elde edilen suni elmadır. Bu işlem sonucu elde edilen küçük elmas kristalleri öğütülerek toz haline getirilir. Elmas tozu toz, pasta veya disk şeklinde imalatı veya mücevherlerin parlatılmasında kullanılır.

2.2 Takımların Geometrik Şekilleri

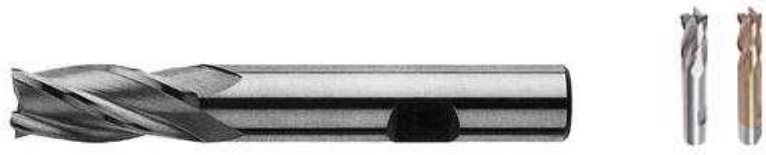
Takımlar yekpare, kaynaklı, plaket ve tane (toz) şeklinde olabilirler. Yekpare takımlar, kesici ucu ve sapı birlikte imal edilen; kaynaklı takımlar, kesici ucun sapa kaynakla bağlandığı; plaketli takımlar, plaket (uç) şeklindeki kesici ucun lehim veya çözülebilecek şekilde mekanik tertibatlarla sapa tespit edildiği takımlardır. Tane (toz) şeklindeki takımlar, toz, sıvılarla karışık pasta veya bağlayıcı bir madde ile taş şeklinde kullanılan takımlardır.

Takımların çeşitli şekilde imal edilmeleri, mekanik özelliklerine ve ekonomik faktörlere bağlıdır. Bu bakımdan ucuz, oldukça sünek, eğilme ve darbe mukavemeti iyi olan karbon takım çelikleri ve az alaşımları çelikler yekpare; hız çelikleri duruma göre yekpare, kaynaklı veya plaket; sert metaller ve seramikler plaket; elmaslar plaket veya taş şeklinde olabilir. Plaket şeklinde yapılan hız çelikleri sapa sert lehimle, sert metaller lehimle ve çözülebilir şekilde (takma); seramik ve elmaslar ise çözülebilir şekilde bağlanır.

2.2.1 Yekpare ve Kaynaklı Takımlar

Yekpare takımlar testere veya taşla kesildikten sonra gerekirse dövme ile istenen şekil verilir, frezeleme veya taşlama ile belirli bir işleme payı bırakılarak kesici kısmın ağızları ve yüzeyleri oluşturulur, sertleştirilir, temperlenir ve finiş taşlanarak kesme açıları tam olarak meydana getirilir.

Kaynak yöntemi matkap, rayba, parmak freze gibi takımlara uygulanır. Takımın kesici kısmı hız çeliğinden, sapı ise daha ucuz olan karbon veya az alaşımlı (özellikle manganez ve silisyum içeren) çeliklerden yapılır. Kaynaklı takımlar sap ve kesici kısım kesildikten sonra kaba olarak işlenir, sapla kesici kısım kaynakla bağlanır, tavlama işlemi yapılır, ince tornalamadan sonra son şekil verilir. Sertleştirildikten sonra temperlenir ve taşlanır, kesme açıları oluşturulur.



Şekil 2.2 Yekpare ve kaynaklı takımlar .

2.2.2 Plaketli Takımlar

2.2.2.1 Hız Çelikleri

Hız çeliğinden yapılan plaketli takımlar lehimden önce veya lehimleme sırasında olmak üzere iki şekilde imal edilirler. Bu takımların kesici kısmı başlangıçta plaket şeklinde olmayıp çubuk şeklindedir. Önce sertleştirilen plaketli takımların imalinde bir yandan sap kısmı kesilir, istenirse dövülür ve plaket yuvası dahil olmak üzere uç kısmı işlenir, diğer yandan çubuktan plaket kesilir. Frezeleme ile istenen şekil verilir, sertleştirilir ve temperlenir. Her iki kısım yaklaşık 500°C 'de lehimlenir ve taşlama ile kesici ağızların açıları tamamlanır. Lehimleme sırasında sertleştirilen takımlarda sap kısmı aynı şekilde hazırlanır. Kesici kısım ise sadece plaket şeklinde kesilir ve işlenir. Her iki malzeme, aynı zamanda hız çeliğinin sertleştirme sıcaklığı olan yaklaşık 1200°C 'de lehimlenir, sertleştirilir, temperlenir ve taşlanarak kesici ağzın açıları tamamlanır. Birinci yöntem daha pahalı fakat daha etkili bir yöntemdir. Lehim malzemesi olarak bakır veya gümüş esaslı malzemeler kullanılır.



Şekil 2.3 Takma uçlu takımlar [20].

2.2.2.2 Sert Metaller

Belirli boyutlarda plaket şeklinde imal edilen sert metal plaketleri, takımın sapına lehimle veya çözülebilir şekilde (takma olarak) tespit edilir.

Lehim ile bağlanan plaketlerde kesimden ve işlendikten sonra sapın yuvasına çok ince tabaka şeklinde lehim malzemesi kullanılarak plaket yerleştirilir ve genellikle fırında lehimlenir. Lehimin katılaşması sırasında plaket takım üzerine bastırılır.

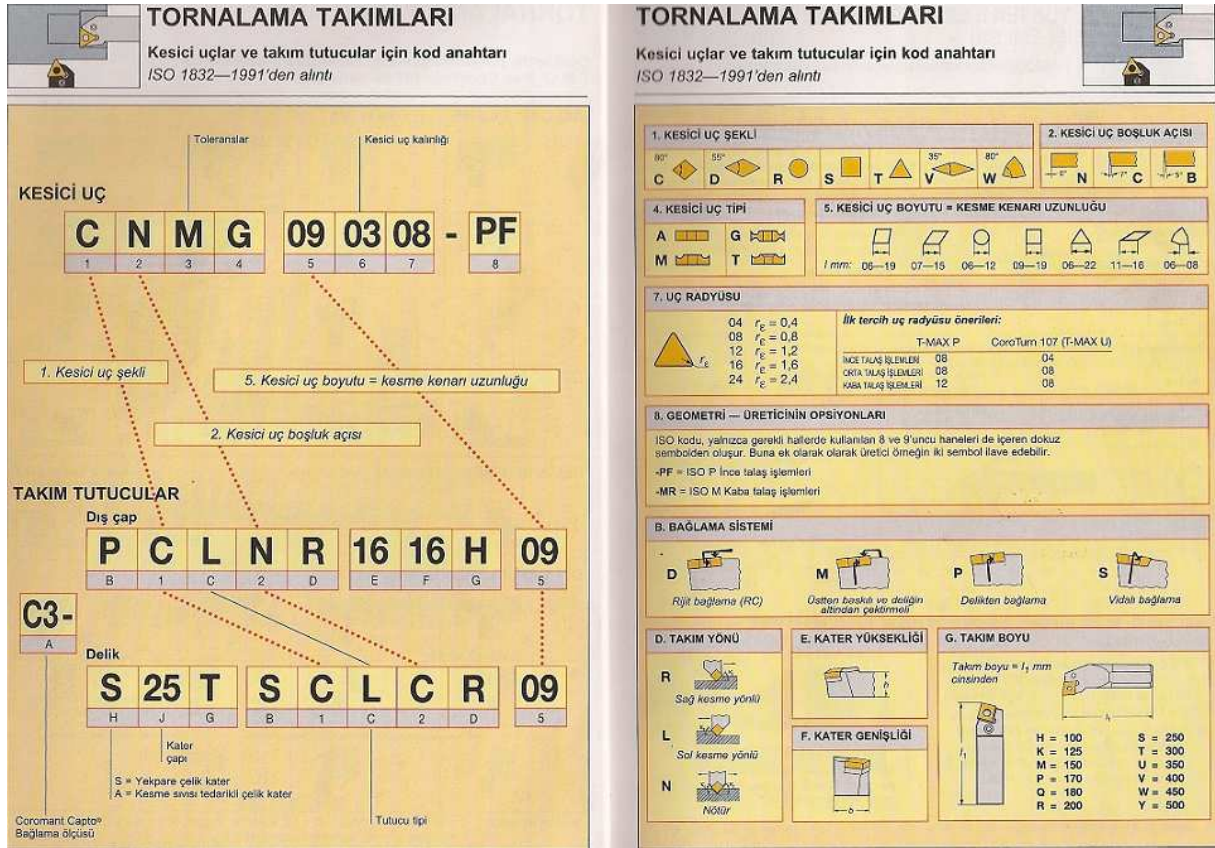
Gerek sert metal plakelerin, gerekse hız çeliğinden yapılan plakelerin lehiminde dikkat edilecek husus sap malzemesi ile plaket malzemesinin genleşme katsayılarının eşit olmamalarıdır. Bundan dolayı soğuma sırasında çatlaklar oluşabilir. Hız çeliğinden yapılan plakelerde daha az tehlikeli olan bu durum, sap malzemesi olarak genleşme katsayısı hız çeliğine yakın olan manganez-silisyum alaşımlı çeliklerin kullanılması ile büyük ölçüde giderilir. Genleşme katsayıları arasındaki farkın çok daha büyük olduğu sert metallerin lehiminde özel önlemler alınır.

Çözülebilir tarzda tespit edilen plakeler belirli şekillerde ve çok kesme, genellikle üç veya dört ağızlı olarak yapılır. Bu plakeler bilenmezler, bir kesme ağız aşındıktan sonra sıkma tertibatı gevşetilerek veya çözülerek plaket yeni bir ağzın kesme durumuna gelmesine kadar döndürülür. Tüm ağızlar aşındıktan sonra plaket atılır. Plaketler belirli bir serbest açığa (genellikle 0^0 veya 11^0) sahip olarak imal edilirler. Talaş açısı sapa tutturma şekli ile oluşturulur. Ancak bu işlemde serbest açıda değişir. Örneğin serbest açı $\alpha = 11^0$ olan bir plaket, sapa $\gamma = +6^0$ 'lık bir açı oluşturacak şekilde bağlanırsa, takılı durumda plaketen serbest açısı $\alpha = +5^0$ olur.

ISO sistemine göre bu plaketli takımlar şu hususlara göre sınıflandırılır:

- 1- Şekil
- 2- Serbest açı
- 3- Toleranslar
- 4- Ucun tipi
- 5- Kesici ağzın uzunluğu
- 6- Kalınlığı
- 7- Köşe yarıçapı
- 8- Ağzın şekli
- 9- Kesme yönü
- 10- İmalatçı firmanın özel simgesi

8 ve 9 hususlar mecburi değildir. Seramik plakalar yukarıdaki hususlar geçerli olmak üzere dönen şekilde imal edilirler.



Şekil 2.4 Kesici uçlar ve takım tutucular için simgeleme tarzı (ISO 1832 – 1991’e göre) [10].

2.3 Kesici Takım Ömrü ve Aşınma

2.3.1 Aşınma Sebepleri

Talaş kaldırma sırasında meydana gelen sürtünmeler ve sıcaklık takım aşınmasına neden olur. Bu olayda sürtünme esas nedendir; sıcaklık ise takımın aşınmaya karşı mukavemetini azalttığı için olayı hızlandıran bir etkidir. Sürtünme, talaş ile takımın talaş yüzeyi ve işlenen yüzey ile takımın serbest yüzeyi arasında meydana geldiğinden aşınma talaş yüzeyinde, serbest yüzeyde veya her iki yüzeyde de meydana gelebilir. Burada dikkat edilecek bir husus, talaş kaldırma esnasında oluşan kesme sürtünmesinin, genel anlamda makine elemanlarının yüzeyleri arasındaki sürtünmelerden farklı olmasıdır. Farklılık, kesme sürtünmesinin sürekli olarak taze yüzeylerde, yüksek sıcaklık, yüksek basınç koşulları ve nispeten küçük temas alanlarında oluşmasından ibarettir. Bu nedenle takımların aşınması, abrazif, adeziv, yorulma, difüzyon, korozif gibi çeşitli aşınma şekillerini kapsayan çok karmaşık bir olaydır [2]. İkinci husus, talaş ve serbest yüzeydeki sürtünmeler farklı olduğundan aşınmaların da farklı olmasıdır.

2.3.1.1 Abrazif Aşınma

En yaygın aşınma tiplerinden biridir. Genellikle iş parçası malzemesi bünyesinde bulunan sert parçacıklar nedeniyle ortaya çıkar. Bu aşınma tipi, kesici ucun serbest yüzeyinin aşınmasına yol açan bir aşınma tipidir.

2.3.1.2 Difüzyon Aşınması

Bu aşınma tipi, kesme işlemi esnasında daha çok kimyasal dönüşümlerden etkilenir. Kesici takım malzemesinin özellikleri ile iş parçası malzemesi arasındaki etkileşim, difüzyon aşınmasının ortaya çıkmasına sebep olur. Örneğin, tungsten karbür ile çelik arasında bir etkileşim söz konusudur. Bunun sonucunda, kesici ucun talaş yüzeyinde bir krater, yani çukurluk oluşur ki bu olay difüzyon aşınmasıdır. Bu aşınma olayı önemli ölçüde sıcaklık oluşumunda kaynaklanır. Aşınma, yüksek kesme hızlarında en büyük değere ulaşır. Çok sıcak talaşın, kesici takımın serbest yüzeyine akışı esnasında aşırı derece lokal ısınma meydana gelir. Uzun zaman sıcaklık etkisinde kalan bölgede sertlik azalması meydana gelir. Bunun sonucunda difüzyon aşınması meydana gelir. Bu durumda kesici uç ile istenen kalitede talaş kaldırılamaz ve yüzey elde edilemez, uç değiştirilir.

2.3.1.3 Oksidasyon Aşınması

Yüksek sıcaklıkların ve havanın varlığı birçok metal için oksidasyon demektir. Metali meydana getiren atomlar, sıcaklığın da etkisiyle havadaki oksijenle birleşerek oksit meydana getirirler. Özellikle çeliklerde meydana gelen oksitlenme paslanma olayına dönüşür. Paslanma uzun vadede malzemeyi yok eder. Alüminyum oksit gibi bazı oksitler son derece dayanıklı ve serttir. Bu nedenle bazı takımlarının kesici kenarların aşınması söz konusudur. Oksidasyon aşınması günümüz talaşlı imalat alanında pek uygun olmayan aşınma tipidir.

2.3.1.4 Yorulma Aşınması

Bu aşınma termo-mekanik bir kombinasyonun sonucudur. İşleme esnasında, iş parçası ile kesici takım arasında oluşan sıcaklık dalgalanmaları ve takıma etkiyen kesme kuvvetlerinin değişmesi kesici kenarların çatlamasına ve kırılmasına yol açar. Aralıklı kesme işlemi, kesici ucun sürekli olarak ısınıp soğumasına ve talaş ile temasta olan kesici kenarda şok etkisine neden olur. Mekanik yorulma, kesme kuvvetlerinin kesici kenarın mukavemetinden çok daha büyük olduğu durumlarda görülür. Bu gibi durumlarda plastik deformasyon oluşur.

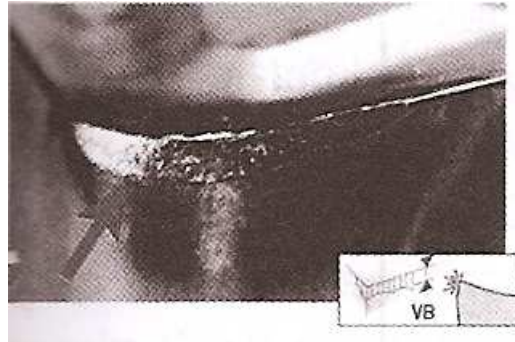
2.3.1.5 Adhezif Aşınma

Genellikle kesici takımın talaş yüzeyindeki düşük işleme sıcaklıklarından dolayı ortaya çıkar. Çelik, alüminyum ve dökme demir gibi uzun ve kısa talaş oluşumunun söz konusu olduğu malzemelerde görülür. Bu aşınma oluşumu, genellikle kesici takım ile talaş arasında ve talaşın kesici takım üzerine yığılıp yapışması sonucu oluşur. Yığılma kenarın aşırı büyümesi sonucu, malzemeyi kesemez duruma gelen kesici kenar, artan kesme kuvvetlerine dayanamayarak kırılır ve takım ömrünü tamamlamış olur.

2.3.2 Aşınma Tipleri ve Genel Olarak Çözümleri

2.3.2.1 Serbest Yüzey Aşınması

Karbür uç kesici kenarın iş parçası ile teması sonucu oluşan serbest yüzeydeki aşınmadır. Bu aşınmada belli bir aşınma değerinin üstüne çıkılması sonucu yüzey kalitesi kötüleşir, hassasiyet azalır, sürtünme artar. Kesme hızının çok yüksek veya yetersiz aşınma direnci olduğu durumlarda ortaya çıkabilir. Bu durumda, kesme hızı azaltılıp daha yüksek aşınma dirençli bir takım seçilir.



Şekil 2.5 Serbest yüzey aşınması.

2.3.2.2 Krater Aşınması

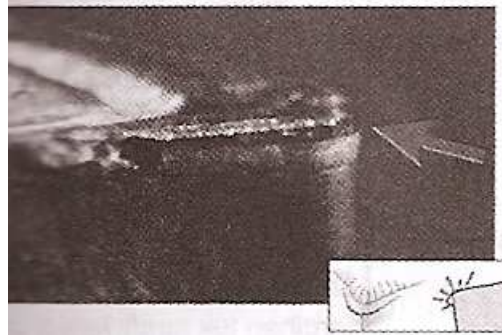
Krater, talaş kaldırma esnasında iş parçasındaki sert yüzeyden kalkan parçacıklar, kesici ucun talaş akış yüzeyine yapışarak kesmeyi engeller ve sonunda parça yüzeyinde kesintili olarak taşlama parlaklığında yüzeycikler oluşturmaya başlar. Bu durumda kesici ucun kesme özelliği kaybolur ve malzemeyi ezmeye başlar. Bu durumda, uç değiştirilip Al_2O_3 kaplamalı takımlar seçilebilir.



Şekil 2.6 Krater aşınması.

2.3.2.3 Kesici Ucun Plastik Deformasyonu

Plastik deformasyon, kesici karbür uca uygulanan yüksek kesme basıncı ve bunun sonucu oluşan yüksek sıcaklığın bileşiminden meydana gelir. İş parçası malzemesine uygun seçilecek kesici karbür uç cinsi ve geometrisi ile köşenin radyüslü olması, sürekli soğutma ile bu tip problemleri çözebilir.



Şekil 2.7 Plastik deformasyon.

2.3.2.4 Isıl Çatlaklar

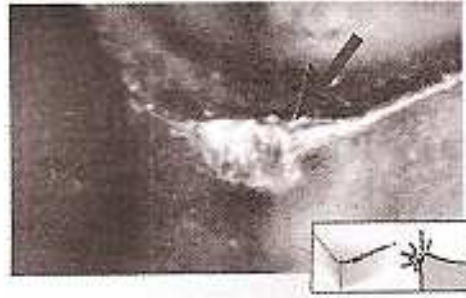
Özellikle frezelemede görülen ısıl çatlaklar, sürekli sıcak ortamda çalışan ucun ısınmasıyla yorulma sonucu oluşur. Kesme özelliğini kaybetmeye başlayan uç, iş parçası tarafından dışarı doğru itilir ve bu sırada kesmeyen uç zorlanır ve kırılır. Termal şoklara daha iyi direnç gösteren daha tok bir takım seçilir veya kesme sıvısı ya çok kullanılır ya da hiç kullanılmaz.



Şekil 2.8 Isıl Çatlaklar.

2.3.2.5 Kesici Kenardan Parçacıklar Kopması

Kesici takımın sürekli olarak kesme kuvvet (basınç) değerlerinin üst ve alt noktalarda seyretmesi sonucu oluşur. Bu durumda kesici uçta yorulma meydana gelir ve uçtan parçacıklar kopmaya başlar. Darbeli kesme, bu tip aşınmanın en çok görülen cinsidir. Bu durumda, daha tok bir kalite seçmek, kesme hızını arttırmak ve kesme başlangıcında ilerlemeyi düşürmek çözüm olarak kullanılabilir.



Şekil 2.9 Tanecik kopması.

2.3.2.6 Kesici Kenarın Kırılması

Kesici ucun kesme ömrünü tamamlaması anlamına da gelir. Kesici kenarın kırılması, diğer aşınma tiplerinin de sonu demektir. Yüksek kesme hızlarında ve derin talaş kaldırma operasyonlarında kesici kenarda yorulma olur ve takım dayanamayarak kırılır.



Şekil 2.10 Ucun kırılması.

2.3.3 Takım Ömrü

Takımın aşınması, takım ve parça malzemesi, takım ve talaş geometrisi, kesme hızı, kesme sıvısı gibi birçok faktöre bağlıdır. Bunların etkileri aşınmanın oluşturduğu ömür kavramı ile açıklanır.

Takım genelde şu olaylar meydana geldiği durumda aşınmış (körlenmiş) sayılır:

Serbest yüzeyde aşınma bölgesinin belirli bir boyuta ulaşması, talaş yüzeyinde krater veya başka aşınma çeşitlerinin meydana gelmesi, kesme ağzından küçük parçacıkların kopması, yüzey kalitesinin bozulması ve kesme kuvvetinin ve gücün aniden artmasıdır. Bu olaydan biri veya birkaçı meydana geldiğinde takım, eski özelliklerini kazanması için bilenir veya sert metal uçları kullanıldığı durumda değiştirilir.

Pratik açıdan önemli olan bilemenin veya uç değiştirmenin hangi aşamada yapılacağıdır. Kesin olmamakla birlikte Çizelge 2.1’de serbest yüzey aşınma yüksekliği olan VB değerinin müsaade edilen maksimum değerleri verilmiştir.

Takım ömrü, takımın müsaade edilen aşınma değerine erişeceği kadar geçen talaş kaldırma zamanı olarak ifade edilir. Müsaade edilen aşınma miktarı başlangıçta tayin edilir. Bu zamandan sonra takımın artık talaş kaldırma olayını memnun edici bir şekilde yerine getiremeyeceği ve dolayısıyla aşınmış olduğu varsayılarak bilenmesi veya değiştirilmesi gerekir. Buna bağlı olarak takım ömrü iki bileme ya da değiştirme arasındaki çalışma zamanı olarak da ifade edilebilir.

Çizelge 2.1 Müsaade edilen VB değerleri.

İşlem	VB (mm)
Çok ince tornalama	0,2
İnce tornalama	0,3...0,4
Kaba tornalama	0,6...0,8 1,0...1,5
Talaş kesiti orta	
Talaş kesiti büyük	
İnce frezeleme	0,3...0,4
Kaba frezeleme	0,6...0,8

3. DÖNEN TAKMA UÇLU KESİCİ TAKIMLARLA TALAŞLI ŞEKİLLENDİRME

3.1 Tarihçesi

Genel olarak dönen takma uçlu takım ile tornalamada, ucun kesme kenarı kendi ekseninde etrafında döner ve böylece indekslenen takımın kesme kenarı kesme bölgesine sürekli temas eder. Konvansiyonel sabit takma uçlulara ya da dönmeyen dairesel takımlara göre karşılaştırıldığında, dönen uçlar parça ile temasta kesme kenarının her kısmının soğutulmasına izin verir ve kenarının tüm çevresinin kullanılması takımın bütün ısısının azalmasında olumlu etkisi olur [5].

James Napier bu kavramı ilk olarak 1865'te tornalama operasyonunda kullanmıştır. 1960'ların başında, metal kesmede dönen takma uçlu kesici takımların kullanımında ilk öncü çalışma Ramanswamy ve Koenigsberger tarafından yapılmıştır. Bu takımların ömrünün sabit takımlara göre 20 kez daha fazla arttığını bulmuşlardır.

Shaw, 1950'li yıllarda sürücü tahrikli dönen takma uçlu kesici takım ile çalışmalar başlamıştır. Deney sistemlerinde iş parçası tornaya bağlıdır. Kesme takımı matkaba monte edilmiş ve birkaç sayıda hızlar elde edilmiştir. Uç çapı yaklaşık 63 mm.'dir. Sonuçlar, sabit takımlı kesmeye göre toplam kesme gücünde %30 azalma göstermiştir. Tek nokta takımlarına göre kesme sıcaklıkları yaklaşık 400 °F azalmıştır.

1960'lı yıllarda, Venuvinod dikey freze tezgahlarında sürücü tahrikli dönen takma uçlu kesici takım ile işlemeyi araştırmıştır. Bu takım iş milinin üstüne belirli bir açıda monte edilmiş ve bir kayış kasnak sistemi ile doğru akım (DC) çalışan bir motor tarafından tahrik edilmiştir. Freze tezgahının tablasına iş parçası monte edilmiştir. Çalışma, kesme kuvvetlerinde azalma göstermiştir.

Venuvinod ve Barrow dönen takma uçlu takımlar kullanıldığında talaş boyunun iki kat arttığını bulmuşlardır. Venkatesh dönen ve sabit uç kullanarak alın frezeleme operasyonunda takım aşınması, yüzey finişini karşılaştırmış ve talaş rengini gözlemlemiştir. Talaş rengine dayanarak dönen takma uçlu takım kullanılarak yapılan kesme işlemlerinin sabit takımlara göre daha düşük sıcaklıklar oluşturduğu sonucuna varmışlardır.

Bununla birlikte geçen yüzyılın son bölümünde bu konudaki araştırmalar elde edilen yüzey kalitesi hakkındaki endişeler nedeniyle sürmemiştir. Yine de son yıllarda, işlenmesi zor malzeme olarak tanımlanan yeni malzemelerin işlenmesi isteği nedeniyle dönen takma uçlu

takım teknolojisinde yeni incelemeler başlamıştır. Armarego, dönen takma uçlu takım ile işlemeyi takım hızı, talaş akış hızı ve kesme kuvvetleri için formüle eden modellerle analiz etmiştir. 1990'lı yıllarda Armarego dönen takma uçlu takım ile kesme operasyonlarını freze ve torna tezgahlarında çalışmış ve bu takım ile işleme operasyonlarının kuvvetleri ve gücü için önceden tahmin edilebilir bir model geliştirmiştir.

Chen ve Hoshi, kompozit malzemelerin hassas işlenmesi için tornalama operasyonlarında dönen takma uçlu takımları kullanmışlardır. Joshi, Al/SiCp kompozit malzemelerin aralıklı işlenmesinde PCD, CBN ve sabit karbür takımlara esnek bir alternatif olarak dönen takma uçlu karbür takımları kullanmıştır [16].

Bütün bu araştırmalar, dönen takma uçlu takım ile işlemenin geometrisi, kinematiği, kesme kuvvetleri ve gücü çalışmaları üzerinde odaklanılmıştır. Endüstride potansiyel uygulamalarını gösterse de sürücü tahrikli takımın pratik tasarımının ve yapısının olmaması nedeniyle geniş bir kabul görmemiştir.

3.2 Dönen Takma Uçlu Takımların Faydaları ve Genel Prensipleri

Genel olarak dönen takma uçlu takım ile tornalama, ucun kesme kenarı kendi eksenini etrafında döner ve böylece indekslenen takımın kesme kenarı kesme bölgesine sürekli temas eder. Konvansiyonel sabit takma uçlulara ya da dönmeyen dairesel takımlara göre karşılaştırıldığında, dönen uçlar parça ile temasta kesme kenarının her kısmının soğutulmasına izin verir ve kenarının tüm çevresinin kullanılması takımın bütün ısısını azaltmasında olumlu etkisi olur. Bu yüzden, Venuvinod yumuşak bir çeliği işlemede 500°C azalma tespit etmiştir [13].

Döner kesme ile konvansiyonel kesme arasındaki temel fark ana kesme hızı ve ilerleme hızına ek olarak kesme kenarının da hareketidir. Döner takma uçlu takımlar genellikle uygun bir şekilde uygulandığında aşağıdaki faydaları sağlar [6]:

1. Takım ömrünü artıracak birçok faydası vardır. Aynı malzemeden diğer takımlarla karşılaştırıldığında göz ardı edilmeyecek bir takım ömrü artışı sağlar.
2. Düşük kesme sıcaklıkları elde edilir.
3. Özellikle işlenmesi zor malzemelerden titanyum ve nikel bazlı alaşımları ve sertleştirilmiş çeliklerin işlenebilmesi ile gelişmiş işleyebilirlik sağlanır.

4. İşleme esnasında yüksek talaş kaldırma oranları vardır.

5. Çok iyi işlenmiş yüzey elde edilir. (Takım iş mili montajında yeterli rijitlik sağlandığında).

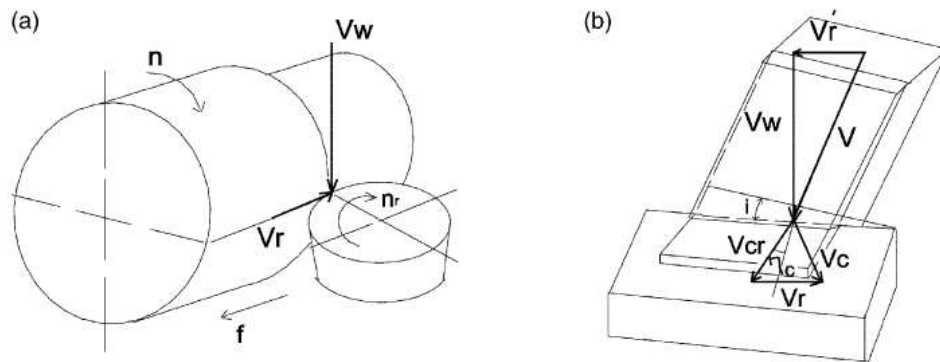
Yukarıdaki bütün bu faydalar, imalat endüstrisinde uygun bir şekilde uygulandığında yüksek ekonomik kazançlar ve gelişmiş işleme kaliteleri sağlayacaktır.

Geometrik olarak, sürücü tahrikli dönen takma uçlu takım (STDT) bir kesik koni şeklinde olup eğim yüzeyi olarak koni yan yüzeyinin çevresini kullanılır. Kendinden tahrikli dönen takma uçlu takım da (KTDT) boşluk açısı nedeniyle bir kesik konidir, fakat çok incedir. Konvansiyonel sabit dairesel uçlara benzer. Her iki durumda, kesme kenarı daireseldir. Birçok çalışmada, takımın eğim açısı yüzeyi, ucun dönme eksenine dik bir düzlem olarak düşünülür.

Döner takma uçlu takım için birçok takım tipleri ve model geliştirilse de hepsi üç temel tipte sınıflandırılırlar:

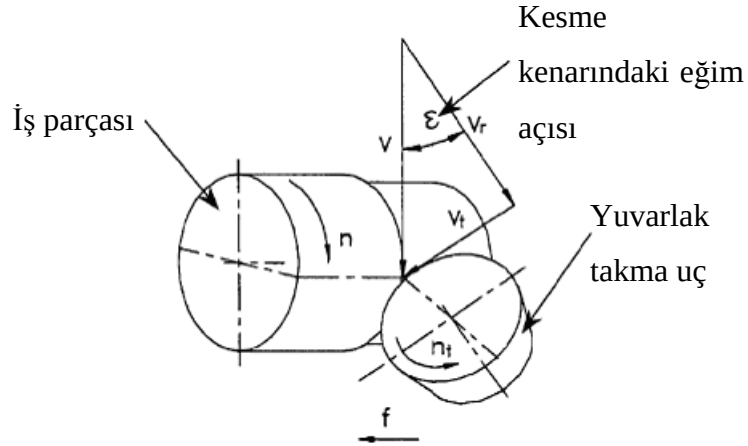
- 1- Sürücü tahrikli oblig operasyon
- 2- Sürücü tahrikli ortagonal operasyon
- 3- Kendinden tahrikli ortagonal operasyondur.

Sürücü tahrikli döner takma uçlu takımın (STDT) ucu dışarıdan bağımsız ekstra bir güç ile döndürülür. Şekil 3.1’de gösterildiği gibi eğer eksenini iş parçası eksenine paralel ise (iş parçası hızı ile takım kesme kenarının düzlem normali arasındaki açı sıfıra eşit) ortagonal; değilse oblig olarak adlandırılır (Şekil 3.2). Kendinden tahrikli döner takma uçlu takımın (KTDT) ucu kesme kuvvetlerinin iş parçasına paralel olmasından ötürü kendi ekseninde döner. Takımın dönebilmesi için eğim açısı sıfır olmamalıdır. Bu yüzden, bu tip kendi ekseninde döner takım operasyonu sadece oblig formda olur.



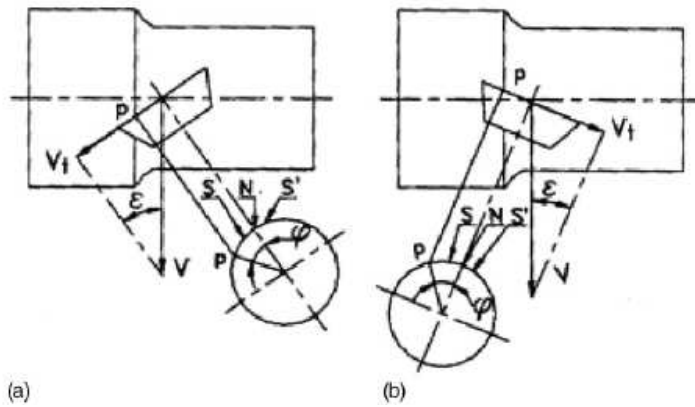
Şekil 3.1 Döner takma uçlu takımın çalışma prensibi a) tornalama işlemi b) oblig kesme modeli.

Şekil 3.1, bir tornalamada kullanılan sürücü tahrikli dönen takma uçlu takım ile ilişkili olan geometri ve değişik hızları göstermektedir. İş parçası hızı V_w kesme kenarına ve takım yüzeyine dik, dönel hız V_r kesme kenarına teğettir. İş parçası hızına göre ilerleme miktarı çok küçük olduğu için dikkate alınmaz.

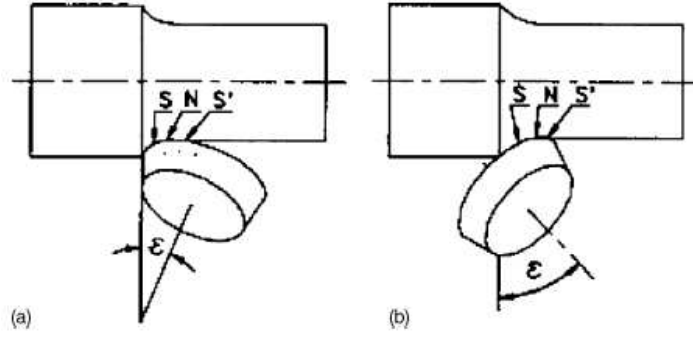


Şekil 3.2 KTD T şeması ve obliq kesme modeli.

İki tip kendinden tahrikli döner takım vardır. Birinci tip, disk şeklindeki ucun üst yüzeyi takım talaş yüzü, çevresel yüzey de serbest yüzey olarak (Şekil 3.3); ikinci tip çevresel yüzey takım talaş yüzü, üst yüzey serbest yüzey (Şekil 3.4) olarak kullanılan tiplerdir. Çok iyi işleme yüzeyi, takım iş mili montajının yeterli rijitlikte olması durumunda kesme kenarının dairesel şekilde olmasından ötürü elde edilir.



Şekil 3.3 1. tip , dönen takma uçlu kesici takımları. a) pozitif eğim açısı. b) negatif eğim açısı



Şekil 3.4 2. tip, dönen takma uçlu kesici takımları. a) pozitif eğim açısı. b) negatif eğim açısı

3.3 Kendinden Tahrikli Dönen Takma Uçlu Takımlar

Bu tip dönen takma uçlu takımlarda kesme işlemi doğal yoldan kendinden tahrik alan takımın dönüşü ile gerçekleşir. Sürücü tahrikli dönen takma uçlu takıma nazaran bu takımın bu doğal dönüşü için tasarımında uca belirli bir eğim açısı verilmelidir. Bu etkileşim sonunda, takım talaş ara yüzünde düşük kayma hızı, basınç ve sıcaklık oluşur. İşleme sırasında dönen takma uçlu takımın kesme kenarının sürekli temasta olması boşta hareketleri minimuma indirerek uygun pratik kesme yolu oluşturur ve literatürde kesme yolunu “k” kat kadar azalttığı düşünülür. Bu takımın ömrü, diğer koşullar göz önünde bulundurulmazsa konvansiyonel sabit takımlara göre “k” kat kadar uzun olur [6].

Bu kısımda dönen takma ucun ömrüne etki eden bazı parametreler belirtilecektir. Bunlar, genel olarak takımın dönme hareketi, takım geometrisi ve yataklardaki sürtünme olarak gösterilebilir.

Kenar eğim açısındaki artış, bağlı kesme hızı (V_r), bağlı talaş akış açısı (V_{cr}), uç gereksinimi, kesme sıcaklığı, talaş formasyon derecesi ve birim kesme kuvvetini azaltır. Bu, takım aşınmasında azalma ile sonuçlanır. Kenar eğim açısı, dönen takma uçlu takımların ömrü üzerinde önemli bir etkisi olmakla birlikte sadece dairesel sabit uçlar üzerinde küçük bir etkisi vardır. Yapılan önceki çalışmalar da eğim açısının 15° 'ten 30° 'a artması yüksek kesme hızında (240 m/dak) takım ömründe %72 bir artış sağlamış ve daha düşük bağlı kesme hızına göre 45° 'de sabitlendiğinde %145 takım ömrünü artırdığı elde edilmiştir [6]. Kenar eğiminin değişimine bağlı takım ömründeki yüzdesel artış (K_r) şöyle hesaplanır:

$$K_r = \frac{V}{V_r} = \frac{1}{\cos \varepsilon} \quad (3.1)$$

Bununla birlikte, eğim açısındaki bir artış, kesme kenarı eğrisi boyunca efektif çalışma açılarındaki değişime ve kendinden tahrikli takımın dönüş hızını artmasına ve bu da yorulmaya neden olacaktır. Kenar eğim açısının bu iki olumsuz etkisinden takım aşınması gelir.

Bir takma ucun boyutu, dönen takma uçlu takımın aşınması üzerine birçok karmaşık etkileri vardır. İlk olarak, dönen takma uçlu takımın aşınması ucun çevresel kesme kenarı etrafında olur. Bu yüzden daha büyük bir uç, daha uzun kesme kenarı ve daha az takım aşınmasına sahip olacaktır. İkinci olarak takım yarıçapındaki artış takım iş parçası temas yayındaki takım temas açısını azaltacaktır. Bu, dönme hızını yavaşlatacak, gerilim değişimlerini ve yorulma aşınması eğilimini azaltacaktır. Üçüncü olarak büyük bir takma uç, titreşimi kolaylaştıracak ve kesme kenarında talaşlaşmaya neden olacaktır. Takma uçtaki talaş ve boşluk açısı, çalışma talaş açısı, kesme kenarındaki ısı kapasitesi ve işlenmiş yüzeyle serbest yüzey arasındaki sürtünmeye etki eder. Bütün bunlar takım ömrünü etki eder.

Yataklardaki sürtünmedeki artış KTDT'nin eşdeğer eğimini arttırır. Bu, bağıl kesme hızını (V_r) ve bağıl talaş akış hızını (V_{cr}) ve bu yüzden de kesme sıcaklığını ve enerji gereksinimini yükseltir. Bunların hepsi takım aşınmasını hızlandırır.

Talaş birikimi ve serbest yüzey aşınması dönen takma uçlu takımlarla işlemede en belirgin hatalardır. Abrasyon aşınması KTDT ile yüksek hızlı işleme koşullarında ortaktır. Yumuşak talaş parçaları takımın yüzeyine yapışmaya eğilimlidir ve iş parçasına kesme bölgesinden tekrar giriş yapar. Konvansiyonel tornalamanın aksine daha yüksek kesme hızlarında daha az kesme sıcaklığı oluşur.

Oksit filmleri durağan sabit bir takıma göre dönen bir takma uçlu takımda daha fazla oluşur. Çünkü, dönen takma uçlu takımın kesme kenarı kısa bir süre için çalışır ve sonra uzun bir süre hava ile temasta kalır. Bu dönen takma uçlu takımları iş malzemeleri adezyonundan koruyabilir. Boş periyot sırasında oksit film oluşumu ayrıca takımın difüzyon aşınmasını önler.

Yorulma aşınması takımlarda özellikle karbür uçlarla işlemede takım kenarının sürekli ısınması ve soğumasına neden olur. Bu durum sonucunda, uzun işlemlerde dairesel karbür ucun radyal yönü boyunca termal hasarlar görülebilir. Bu hasarların sayısı ve uzunluğu kesme zamanı ile doğrusal artar. Bunlar hasarları büyüterek tane kırılmasına yol açar veya takım

parçalarının birleşimi ve sonuç olarak kesme kenarının çatlamasına neden olur.

3.3.1 Dönen Takma Uçlu Kesici Takımın Uygulaması

Eğim açısı 90° 'a ayarlandığında KTDT'nin bağıl kesme hızı (V_r) sıfır olur. Bunun anlamı takım ve iş parçası arasındaki temas noktasında herhangi bir bağıl hareket yok demektir. Teorik olarak bu durumda herhangi bir kesme hareketi olmaz. Bu yüzden kenar eğimi rastgele arttırılamaz. Kesme kenarı negatif bir eğimde olduğunda talaş yüzü ilerleme hareketi sırasında serbest yüze dönüşür. Maksimum negatif kenar eğimi bu yüzden serbest yüz ile sınırlandırılır. Kendinden tahrikli dönen takma uçlu takım ucu döndürmek için gerekli sürücü kuvveti sağlamak için kenar eğiminin minimum değeri gereklidir. Önceki çalışmalarda minimum kenar eğim değeri $2.5^\circ - 7.5^\circ$ ve maksimum değeri yaklaşık 72° olarak tavsiye edilmiştir. Bu değerler yatak sürtünme etkileri göz önünde bulundurularak yapılır.

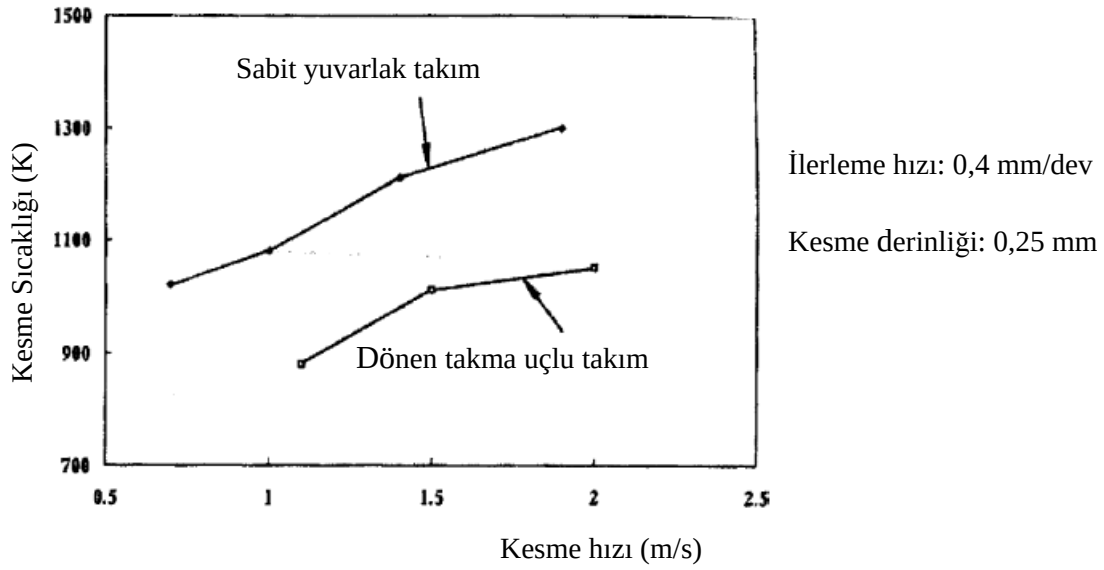
KTDT'de yapılan kesme hızı, takım malzemesine, iş parçası malzemesine ve beklenen takım ömrüne bağlı olarak hesaplanır. İlerleme hızı genel olarak beklenen yüzey pürüzlülüğüne göre şu formül kullanılarak hesaplanır:

$$S = 2 \cos \varepsilon \sqrt{dtR_{\max}} \quad (3.2)$$

Çok düşük bir ilerleme hızı titremeye neden olur ve pratikte işlenmiş yüzeyi kötüleştirir. Bu yüzden, gelişmiş yüzey finiş elde etmek için ilerleme hızının yeterli bir yüksek değerde olması gerekir. Dönen takma uçlu takımlar, dairesel disk formunda olduğu için takım iş parçası temas yayı uzundur ve bu büyük kesme kuvvetleri doğurur. Bu yüzden konvansiyonel paralelkenar/kare şeklindeki uçlarla karşılaştırıldığında titreme eğilimi güçlüdür. Kesme derinliği temas yayının uzunluğunda etkilidir. Takım tezgahının gücü ve bütün işleme sisteminin rijitliği kesme derinliğini hesaplamada ana hususlardandır.

Kesme sıcaklığı dönen takma uçlu takımlarla işlemede finiş kalitesinde ve takım ömründe önemli bir etkidir. KTDT ile işlemede kesme sıcaklığı kesme hızının ve kenar eğim açısının bir fonksiyonudur. Dönen takma uçlu kesme takımının kenar eğim açısının artışı deformasyon sırasında yapılan işin miktarında ve takımın talaş yüzündeki sürtünmede azalmaya neden olduğu için düşük işleme sıcaklığı yaptığı gibi takımın dönme hızındaki artışın neden olduğu ısıнын takım boyunca kesme bölgesinden transferi de artar. Kesme hızındaki artış aynı konvansiyonel tornalamada olduğu gibi kesme sıcaklığında bir artışa neden olur. Kesme derinliği ve ilerleme hızı artışı da yaklaşık aynı etkiye sahiptir. KTDT sabit dairesel takımlara göre $50 - 150^\circ\text{C}$ daha düşük sıcaklık ürettiği elde edilmiştir (Şekil 3.14). Sıcaklıktaki

değişiklik eğim açısının artışı ile daha fazla olduğu bilinir.



Şekil 3.5 Kesme sıcaklıkları [6].

3.3.2 Dönen Takma Uçlu Takımlarla İşlemeye Bağlı Problemler

Aşağıdaki durumlar imalat endüstrisinde dönen takma uçlu takımların uygulamasını engelleyebilir:

- 1- Dönel parçaların ne kadar hassas işlendiğinin önemi yoktur. Hareketli bir kesme kenarı sabit olana göre daima daha fazla hata oluşturacaktır.
- 2- Büyük yarıçaplı takımlar birçok titresemeye neden olacaktır ve dönel sistemlerin yapısını zayıflatır.
- 3- Dönen takma uçlu takımlarla kademeli iş parçaları işlenemez.

3.3.3 Kendinden Tahrikli Dönen Takma Uçlu Takımların Yapısı ve Tasarımı

Dönen takma uçlu kesici takımların standart takımlardan farkı olan takma ucun da kendi ekseninde dönüş hareketi fazladan kuvvet etkileri oluşturacağından titreşimlere neden olabilir. Bu yüzden dönen takma uçlu takımın tasarımında bazı faktörlere dikkat edilmelidir:

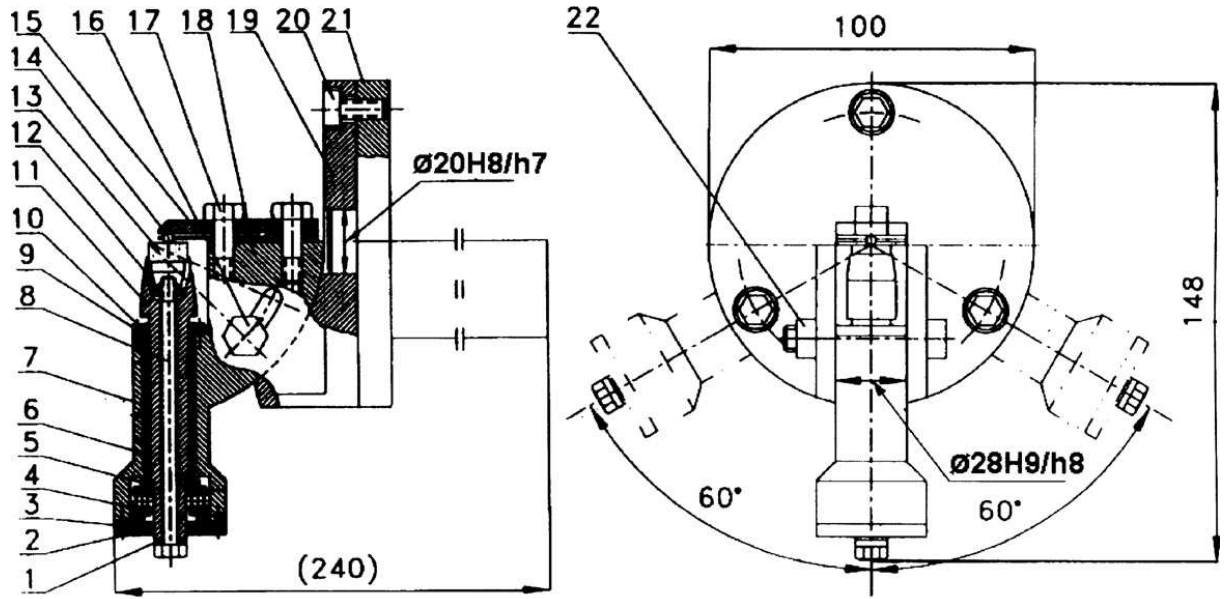
- 1- Takımın yapısı olabilecek en sade ve basitlikte olmalıdır.
- 2- Yapı dayanıklı, hassas ve kolay tamir edilebilir olmalıdır.
- 3- Takım montajı standart torna takımının işine de uygun olmalıdır.

Takım geometrisi olabilecek en geniş kesme derinliğini, ilerleme hızını, sabit kesmeyi, en iyi yüzey finişini, düşük bağıl kesme hızını (V_r) ve düşük kesme sıcaklığını elde edebilecek özellikte seçilmelidir. Büyük uç radyüsü kullanmak, yataklarda fazla hareket boşluğu olması ve dairesel kesme kenarının eksantrikliği işleme sırasında titretime sebep olur. Bunlar, olabilecek en küçük takımın kullanılması, kenar eğiminin artırılması ve uçtaki eksantrikliğin azaltılması ile elemin edilebilir.

Önceki çalışmalarda bu faktörler, RNG 120400 ISO tasarımının kabul ettiği KTDT tornalama takım tutucusunun prototipinin geliştirilmesinde göz önünde bulundurulması gerektiği elde edilmiştir. Kuvvetlerin ve yataklama sisteminin tasarımında en önemli dikkat edilecek husus, yatakların düşük sürtünme ve minimum konsantriklik gibi dinamik koşullar altında olması, yüksek hareket hızlarına ve yüksek radyal ve itici yüklere karşı gelebilir olmasıdır. Bu doğrultuda daha önceki çalışmalarda kendinden tahrikli dönen takma uçlu bir takım yapılmış ve tasarımı Şekil 3.6'da gösterilmiştir. Tasarımda iki radyal rulmanlı yatak ve bir bilyalı yatak maliyeti azaltmak ve düşük sürtünme katsayısı sağlamak için seçilmiştir.

Döner takma uçlu tornalama takım tutucusunun yapısal tasarımda döner kesme kenarından ve büyük radyal itici kuvvetten oluşan titretime gibi dönel kesmede iki ana problem göz önünde bulundurulmalıdır. Yataklardaki hareket düzgünlüğü ve hassasiyetine ek olarak takım tutucusundaki kalınlık döner kesme takımların tasarımında dikkat edilecek temel bir başka husustur. Bir takım tutucu ayarlanabilir bir geometriye sahip olmalıdır. Çünkü, döner takma uçlu takımın geometrisi, özellikle eğim açısı takım performansına önemli bir etkidir. Bunlara dayanarak döner takma uçlu takım tutucusu aşağıdaki özellikler dikkat edilerek tasarlanmalıdır:

- 1- RNG 120400 ISO tasarımına uygun kabul edilecek bir uç olmalıdır. Bir pul, uca çevresel olarak yerleşir ve ucu kilitlemede kullanılır. Uç merkezinin üstünde çıkmasını önlemek ve aynı zamanda dönmesini sağlamak için tek bir bilya ile sıkıştırılmalıdır (Şekil 3.6).
- 2- Bir çift eğimli takım tutucu sırasıyla boşluk açısını ve eğim açısını ayarlamak için yerleştirilir.



Şekil 3.6 Kendinden tahrikli dönen takma uçlu takım konstrüksiyonu [6].

Çizelge 3.1 KTD T yapısı ve tasarımı.

1, 5 – Pul	12 – Halka
2, 10, 16, 17, 20 – Cıvata	13 – Kesme tipi
3, 9 – Yatak kapakları	14 – Bilya
4 – Bilya itici yatağı	15 – Üst sıkıştırıcı
6 – İğneli rulmanlı yatak	18 – Takım Gövdesi
7 – Yatak manşonu	19 – Eğim Gövdesi
8 – Vida Gövdesi	21 – Takım Gövdesi
11 – İş mili	22 – Somun

3.4 Sürücü Tahrikli Döner Takma Uçlu Takımlar

Daha önceki çalışmalarda tornalama operasyonları için tasarlanmış sürücü tahrikli döner takma uçlu takım Şekil 3.7’de gösterildiği gibi tasarlanmıştır. Takım üzerine ayrıca, kesme kuvvetlerinin toplanması amacıyla bir dinamometre montaj edilmiştir. Takımın tasarlanmasındaki temel kavramlar aşağıda verilmiştir [13]:

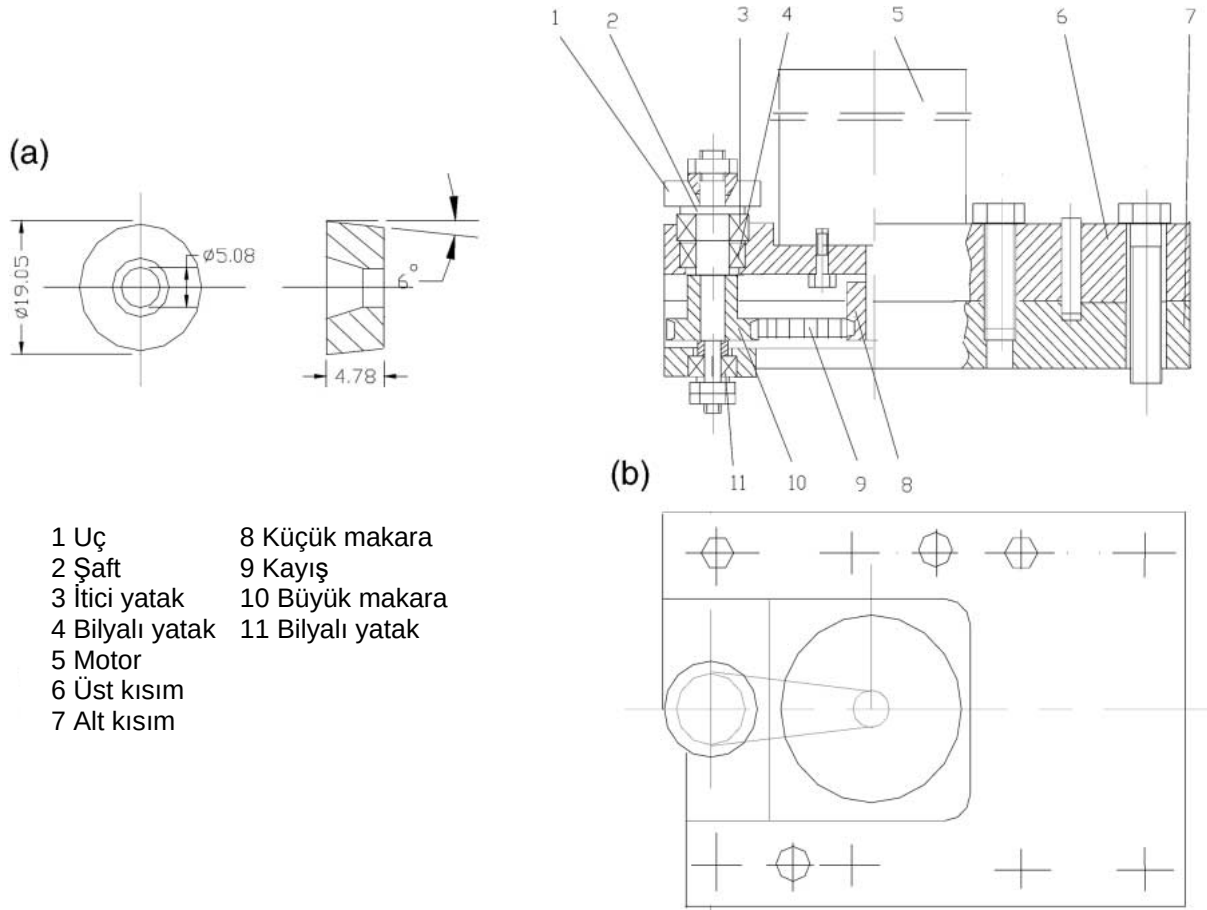
1. Yapısal tasarımda dönen takma uçlu takım basit ve tezgah üzerindeki yer sınırlaması nedeniyle az yer kaplayan bir yapıya sahip olmalıdır. Takımın deformasyona uğramaması için ve titreşimi önlemesi için yeterli sertlik sağlanmalıdır.
2. İmalatta dönen takma uçlu takım hassas bir şekilde üretilmeli ve montajı kolay olmalıdır. Takımın ucunun dinamik salgısı minimum olmalıdır.
3. Ucu geniş bir dönme hızı menzili ve yeterli sürücü tahriki sağlanmalıdır. Böylece, dönme hızı optimum operasyon şartlarının sağlanması için ayarlanabilir.

3.4.1 Takımın Genel Yapısı

Sürücü tahrikli dönen takma uçlu takım için yapılan geçmiş çalışmalarda tasarımda Kennametal'den yapılmış standart dairesel uç Şekil 3.7a'da gösterildiği gibi yapılmıştır. Bu uç C4 tungsten karbür içerir ve dış çapı 19 mm. ve delik 5 mm. çapındadır. Döner uç, şafta monte edilmiş ve üç yatakla desteklenmiştir. Takım, bir çift kayış kasnak motordan Şekil 3.7b'de görüldüğü gibi tahrik almıştır. Şaftın üzerine yerleştirilmiş dairesel uç somunlarla sıkıca sıkıştırılmıştır. Yataklardaki boşluk ve ön yükleme alttaki somunlarla ayarlanmıştır. 90 W'lık bir Makson DC döner takma uçlu takımın sürücüsü olarak seçilmiştir. Motor montajının bir parçası olarak bir dişli kutusu motorun dönme hızını istenilen aralıklarda azaltmak için seçilmiştir.

Birçok küçük parça döner takma uçlu takımında kullanılmışsa da sertlik ve rijitlik büyük bir öneme sahiptir. Yapının en zayıf noktası olarak şaft kısmı gözükmiştir. Bu yüzden, şekli yeterli sertlik ve rijitlik sağlaması için dikkatli bir şekilde tasarlanmalıdır. Şaftın tasarımı sonlu elemanlar analizi (FEA) yardımı ile gerçekleştirilmiştir.

Bu takım tipinde dinamik salgı kontrolü önemlidir. Kesme kenarının dinamik salgısı iş parçasının zayıf yüzey kalitesinin ve işleme prosesindeki titreşiminin temel nedenlerindendir. Bu döner takma uçlu takımın imalatında doğru ve yüksek hassaslıkta parçaların kullanılması ile kontrol edilebilir. Şekil 3.7b'de görülebileceği gibi eksenel ve radyal yönler için şaft desteği, eksen salgıdan önleyen en önemli parçalar olan iki bilyalı yatak ve bir itici yatak kullanılmıştır. Bu takımda kullanılan yüksek kaliteli küçük yataklar 4.8'den 6.4 mm. iç çapa ve 9.5'tan 14.2 mm'ye kadar paslanmaz çeliklerden yapılmıştır. Parçaların seçiminde, alt-üst kısımların ve yatakların, şaft ve yatakların, uç ve şaftın arasındaki bağlantıların ve hizalamanın yüksek garanti ile doğru olması hakkındaki imalat prosesleri için efor sarf edilmektedir.



Şekil 3.7 Sürücü tahrikli dönen takma uçlu takımın yapısı a) yuvarlak uç b) sürücü tahrikli dönen takım [13].

3.5 Günümüzde Döner Takma Uçlu Takım Teknolojisi

Döner takma uçlu takımların sağladığı faydaların anlaşılmasıyla bu takımların imalat endüstrisinde kullanılması önem kazanmıştır. Sabit konvansiyonel dönmeyen takma uçlu takımların dezavantajlarını elemine eden ve daha iyi işleme performansı sağlayan bu takımların günümüzde işleme endüstrisine girişi kolay olmamıştır. Yine de döner takma uçlu takımlar için günümüzde yurt dışında öncü firmalar vardır. Bunların başında Rotary Technologies Corporation firması gelir.

Döner takma uçlu takımlarla işleme hem freze hem de torna işlemleri için kullanılabilir. Freze takımları günümüzde daha fazla çeşitte pazarlanmakla birlikte torna için bu takımlar özel olarak tasarlanıp imal edilmektedir.

3.5.1 Döner Takma Uçlu Tornalama Takımları (Rotary Turning Tool)

Sert tornalama dönel simetrik dairesel sert malzemelerde taşlama yöntemi yerine yüzey kalitesini arttırmak için çok kullanılan bir yöntemdir. Üretimde verimliliği artırması, çevrim zamanlarında azalma ve düşük maliyetlerde takım ömrünü artırmasıyla konvansiyonel tornalama takımlarına ve taşlama işlemine ekonomik bir alternatif sunar.

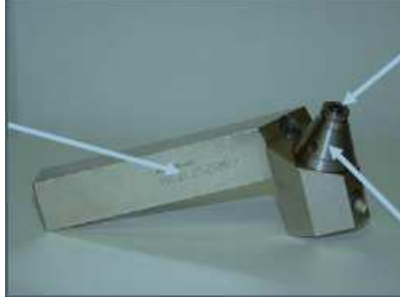


Şekil 3.8 Döner takma uçlu takımlarla sert tornalama işlemi [17].

Özel olarak tasarlanmış uçlar, takım ömründen ödün vermeden yüksek hızlara ve ilerleme miktarlarına izin verir. Şekil 3.9 ve Şekil 3.10’da iki farklı üretim döner takma uçlu tornalama takımları görülmektedir.



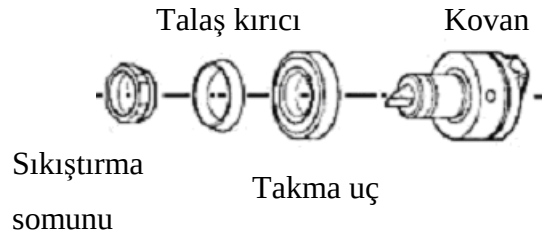
Şekil 3.9 Rotary Technology döner takma uçlu tornalama takımı.



Şekil 3.10 Mitsubishi dönen takma uçlu tornalama takımı [14].

3.5.2 Döner Takma Uçlu Tornalama Takımı Parçaları

Bu tornalama takımının konvansiyonel takımlara göre birkaç farklı parça ve avadanlıkları mevcuttur. Şekil 3.11’de bu şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.11 Döner takma uçlu tornalama takımı parçaları.

3.5.2.1 Sıkıştırma Somunu

Özel olarak yapılmış sağ el ve sol el sıkıştırma somunu ucu gövdeye sabitler.



Şekil 3.12 Sıkıştırma somunu.

3.5.2.2 Talaş Kırıcı

Konvansiyonel tornalama takımlarında da bulunan talaşın parçaya ve takıma zarar vermeden uzaklaştırmak için kullanılan bir özelliktir.



Şekil 3.13 Talaş kırıcı.

3.5.2.3 Kovan (Gövde)

Sıkıştırma somunu, talaş kırıcı ve ucu taşıyan kısımdır.



Şekil 3.14 Kovan (Gövde).

3.5.2.4 Arka Sıkıştırıcı

Montajın arka kısmında tutucuyla birleşen kısımdır.



Şekil 3.15 Arka Sıkıştırıcı.

3.5.2.5 Diferansiyel Vida

Arka sıkıştırıcı, ön sıkıştırıcı için diferansiyel vida bulunur.



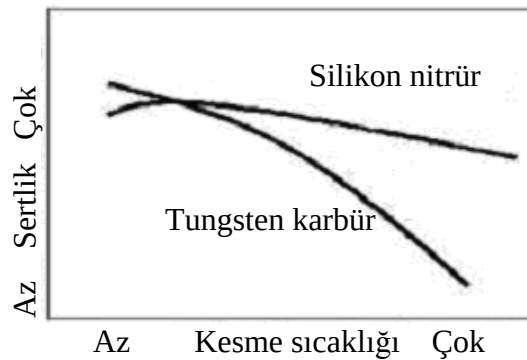
Şekil 3.16 Diferansiyel vida.

3.5.3 Dönen Takma Uçlu Freze Takımları (Rotary Milling Tool)

Dönen takma uçlu freze takımları günümüzde metal kesme endüstrisinin en gelişmiş freze kesicileri olarak görülür. Bunun en önemli nedenleri dönen takma uçlu takım teknolojisinin temellerinden gelir. Rotary Technology bunu yedi yararı ile açıklar:

1. Takımın dönerken kesmesi: Değiştirilebilir gövdeleri ile dönen takma uçlu freze takımlarının bir özelliğidir. Bu eşsiz dönme hareketi ile talaş kaldırma işleminin uç üzerindeki tahrip edici etkisi azalır ve konvansiyonel takımlara göre büyük kesme verimliliği sağlar.
2. Yüksek kesme hızları ve yüksek ilerleme hızları: Bu çevrim zamanlarının azalması anlamına gelir. Eğer silikon nitrit uçlar kullanılırsa sert malzemelerin işlenmesinde ortaya çıkan yüksek sıcaklıkları elemine etmesi ile yüksek kesme hızları sağlanabilir ve yüksek hızda işleme teknolojisi (HSM) ile parçalar işlenebilir.

Kesme hızları uç malzemesini zorunlu olarak seçmeye neden olur. Konvansiyonel tungsten karbür uçları sınırlı operasyon hızlarında çok iyi çalışır. Bununla birlikte yüksek prodüktivite amaçları için uygun değildir.



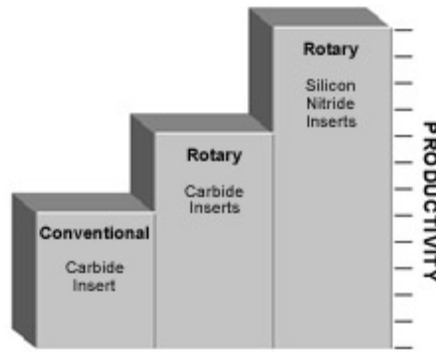
Şekil 3.17 Uç malzemesinin kesme sıcaklığına ve iş parçası sertliğine göre değişimi.

3. Dönen uçlar daha uzundur: Ucun dönüşü sürekli yeni bir kesme bölgesi sağlar. Bunun anlamı konvansiyonel uçlardaki gibi sıcaklığın artmasına izin vermez. Isının çoğunluğu talaş

ile birlikte atılır. Kalan ısıda kesme kenarının bütün uzunluğu boyunca dağılır. Bunun sonucu olarak, ucun ömründe 10 kata varan artış ve konvansiyonel uçlardaki uç değişimlerine göre zamanda büyük azalma sağlar.

4. Kesintili kesme sorun oluşturmaz. Keserken ucun dönmesi gövde yataklarına yüklemeye ile kesmeye başlamadaki şokları absorbe eder.

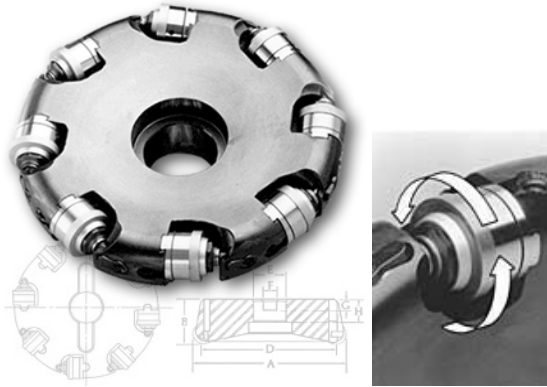
5. Talaştaki ısı verimliliği artırır. Yüksek hızlar iş parçası üzerindeki ısıнын talaşa yayılmasını hızlandırır. Böylece iş parçası yüzeyi gerçekte soğuk kalır. Enerji kullanımı maksimum olur, kesme verimliliği artar. İş parçasındaki düşük ısı az distorsiyon demektir. Düşük ısı, daha iyi parçalar elde edilir.



Şekil 3.18 Üretimde verimliliğin takım malzemesine göre eğilimi.

6. Döner hareket ucun aşınmasını engeller. Eğer konvansiyonel uçlarla dökme demir işleniyorsa uçtan aşınma ile birlikte kopmalar meydana gelir. Yüksek hızlara çıkılması ile verimli kesme için gerekli kuvvetler azalır. Böylece aşınma azalır.

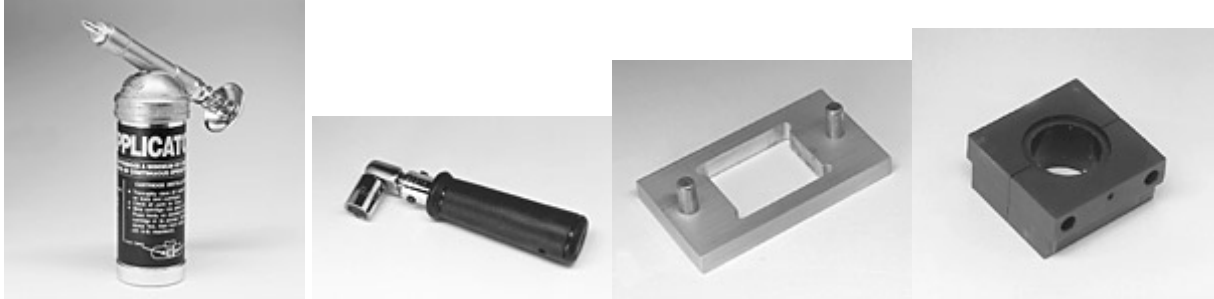
7. Takım tezgahına gelen yükler azalır. Konvansiyonel kesiciler kullanıldığında iş miline gelen yan kuvvetler iş mili yataklarına direkt etki ederek aşınmaya neden olur ve makine arızaları ortaya çıkar. Döner takma uçlu takımın kendi eksenine etrafındaki dönüşü dikey olarak etki ederek teğetsel kuvvetleri elemine eder.



Şekil 3.19 Kendi eksenine etrafında döner takma uçlu freze kesicisi.

3.5.4 Döner Takma Uçlu Freze Takımı Aparatları

Yağlama Sistemi için yüksek basınçlı yağlama sıvısı ve tabancası, uç değiştirici, pense ve mengene gibi aparatlar mevcuttur.



Şekil 3.20 Döner takma uçlu freze takımı aparatları.

3.5.5 Döner Takma Uçlu Freze Takımında Operasyon Özellikleri

Döner takma uçlu freze kesicileri toplam tekrarlayabilirliği 0.05 mm olacak şekilde imal edilirler. Uygun ilerleme ve hızlar sağlandığında 2 – 3.2 μm 'lik R_a pürüzlülüğünde uygun yüzey finişleri elde edilebilir.

Döner freze kesicileri için en uygun kesme derinliği 3.8 mm'den az olduğu durumlarda olur. Daha büyük kesme derinlikleri takım ömrüne zarar verir. Tezgahın gücü yettiğinde 7.6 mm'ye kadar dökme demirde ve 10 mm'ye kadar alüminyumda işleme sağlanabilir. Döner takma uçlu takımların kullanıldığı operasyonlarda daha hızlı ilerleme ve devirler kesme derinliğini değiştirebildiği gibi ayrıca, işleme zamanlarını da azaltır. Buna ek olarak, küçük kesme derinlikleri iş miline, tabla vidalı millerine ve iş parçası bağlantı elemanlarına daha az etki eder.

Konvansiyonel kesicilere göre döner takma uçlu freze kesicileri tam kapasitede çalışabilmesi için sağlam montaj ve sabitleme, parça rijitliği ve minimum iş mili uzaması gibi durumlara ihtiyaç duyar.

Silikon nitrür uçlar kullanıldığında soğutucu genellikle gerekmez. Karbür uçlar kullanıldığında soğutucu gereklidir. Genel bir kural olarak alüminyum kesildiğinde uç malzemesine bakmaksızın az bir soğutucu püskürtmesi kullanılmalıdır.

Döner takma uçlu freze kesicilerini üst seviyede çalışma koşullarında tutmak için çok az bir bakım ihtiyacı olur. 10 saatlik kesme zamanından sonra uçlar yüksek sıcaklıklı yağlama ile

yağlanmalıdır. Fazla yağlama her yerde olduğu gibi burada da yararlı değildir. Takım ömrüne etki ettiği için özel yağlama sıvısı kullanılmalıdır.

3.6 Dönen Takma Uçlu Takımların Kinematiği

Burada, daha önceki çalışmalarda yapılan dönen takma uçlu takımların işleme sırasındaki kinematik analizlerine yer verilecektir. Bu takımlarla kesme işlemi konvansiyonel kesme teorisinden kendine has kinematik karakteristiği ile ayrılır. Dönel kesmedeki önemli hususlar kesme kenarının eğim açısı, talaş akış açısı, kesme hızı, talaş açısı, talaş deformasyonu ve takım aşınmasıdır [5].

Eğim açısı, dönen kesme işleminin performansına etki eden en önemli faktördür. Eğim açısı için farklı tanımlamalar mevcuttur. Kesme kenarı bir yay olarak düşünülürse, bu yay üzerindeki farklı noktalardaki teğet, takım referans düzlemine göre farklı açılardadır. Bu açının en hassas bir şekilde tanımlanması, takım ucundaki kesme kenarının teğeti ile takım referans düzlemi arasındaki açı olarak olabilir. Dairesel kesme kenarı belirli bir takım ucuna sahip değildir ve kesme kenarı açısı kesme kenarı boyunca değişir. Takım ucu burada kesme kenarının sıfır olduğu noktayı gösterir. Eğim açısının durumu ayrıca farklı şekilde de gösterilir. Normal/tersine kesme ya da normal/tersine ilerleme talaş akışı yönü, takım dönüşü ve takım ilerlemesi açısından kullanılan ortak tanımlamalardır. Takım ucu kesme kenarını iki parçaya ayırır: İlerleme yönüne ters kenardaki majör kesme kenarı ve diğer taraftaki minör kesme kenarıdır. Kesme ucu majör kesme kenarının en yüksek noktasında eğim açısı pozitif olarak tersinde ise negatif olarak adlandırılır. Yatak sürtünmesindeki artış KTDT'nin eşdeğer eğimini artırır. Bu relatif kesme hızını (V_r) ve relatif talaş akış hızını ve böylece kesme sıcaklığını ve enerjiyi artırır. Bu da takım aşınmasını hızlandırır.

Normal konvansiyonel metal kesmede kesme hızı, dönme hareketinden ve takım geometrisinden bağımsız olarak iş parçasının çevresel hızı olarak görülür. Bazı çalışmacılar, kesme hızını, takım ve iş parçası arasındaki bağıl hız olarak kabul ederler. Farklı terimler oldukları için literatürde kesme hızı V ; burada bağıl kesme hızı V_r olarak görülür. Bu bağıl kesme hızı, takım kenarının eğimi ve dönüşüne yakın bir şekilde bağlı olmasına rağmen aslında bir eşdeğer oblig takım kesme hızıdır.

KTDT'nin anahtar bir karakteristiği, konvansiyonel tek nokta tornalama operasyonuna göre çok daha fazla uzun takım ömrünün olmasıdır. Bu, dönel kesme hareketinin alışılmadık kinematiğinin bir sonucu olarak işleme sırasında oluşan düşük kesme sıcaklıkları ve kesme

kuvvetleri ile ilişkilidir. Böylece daha yüksek hızlı kesme koşullarında bile minimum takım aşınması olur. Yüksek hızlı işleme koşulları veya kesmesi zor alaşımların işlenmesi gibi zor kesme koşullarında çok önemli gelişmeler vardır.

Sabit takımlarda olduğu gibi dönen takma uçlu takımlarla işlemede iki hareket önemlidir. Birincisi, kesme hareketi, iş parçasının dönme hızı N_w ; ikincisi, parça üzerinde takımın ilerleme hareketidir.

Dönen takma uçlu takımla işlemede takımın temel özelliği takımın da ayrıca dönüşüdür. Bu yüzden, üçüncü bir hareket takımın dönme hızı N_r bu işlemede ortaya çıkar.

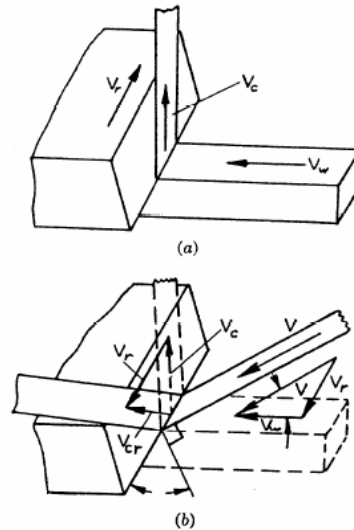
Bu karakteristiğin önemi, talaşlı şekillendirme işleminin kinematik ve mekaniği ile ilgilidir. Ayrıca, takımın bu dönüşü talaş akış hız vektörünü ortaya çıkarır.

V_f ilerleme miktarının etkisi, V_w ve V_r kesme hızlarından çok küçük olduğu için ihmal edilebilir. Böylece, farklı hızlar arasında aşağıdaki gibi ilişkiler oluşur:

$$V = V_w - V_r \quad (3.3)$$

$$V_{cr} = V_c - V_r \quad (3.4)$$

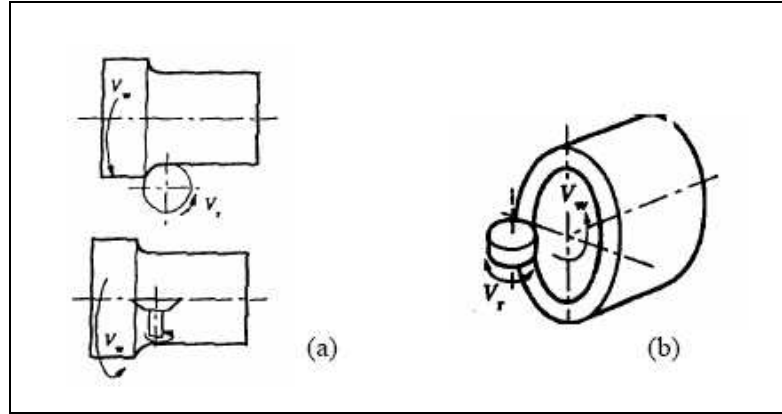
Takımın mekaniği, kesme kenarının takım yarıçapının diğer geometrik parametrelerle karşılaştırılacak kadar büyük olduğu duruma kadar düz bir çizgi olarak düşünülür (Şekil 3.21).



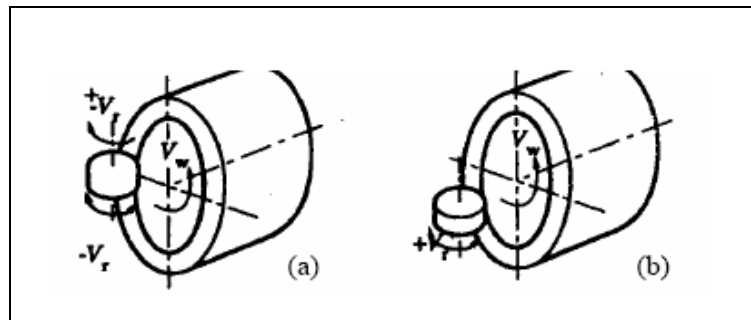
Şekil 3.21 Dönen takma uçlu takımla kesme işlemi. a) uzayda sabit bir noktadan b) takım üzerinden bir noktadan

Bütün dönen takma uçlu takım işlemleri üç temel türe ayrılır. Bunlar, sürücü tahrikli ortogonal dönen takım işlemi, sürücü tahrikli obliğ dönen takım işlemi ve kendiliğinden tahrik alan takma uçla obliğ işlemidir. Kesme hızı V_w ile normal düzlem P_n (statik eğim açısı i_s) arasındaki açı sıfıra eşit ise ortogonal; değilse obliğ olarak adlandırılır.

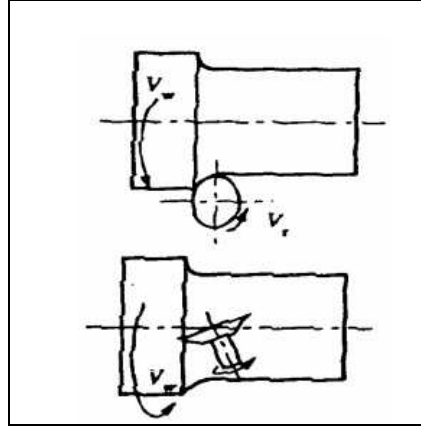
Kendinden tahrikli için iki olasılık vardır. Birincisi, takım bir açı ile pozisyonlandırılabilir. İkincisi, merkezden aşağıda ya da yukarıda ayarlanabilir. Sürücü tahrikli obliğ işleme için takım bir açı ile eğimlendirilmez fakat, merkezden aşağıda ya da yukarıda ayarlanır. Bu iki farklı durum, Şekil 3.22 ve 3.23’de gösterilmiştir.



Şekil 3.22 Merkezde takım ile ortogonal sürücü tahrikli dönen takımla kesme işlemi (Armarego,1994).



Şekil 3.23 Takım merkezden yukarıda ve aşağıda olacak şekilde sürücü tahrikli ve kendinden tahrikli obliğ takma uçlu takımla kesme işlemi (Armarego, 1994).



Şekil 3.24 Açılabilir takım ile kendinden tahrikli oblique takma uçlu takım (Armarego, 1994).

3.6.1 Sürücü Tahrikli Dönen Takma Uçlu Takımla Oblique Kesme Kinematiği

Günümüzde uygulama imkanı bulunan dönen takma uçlu takım uygulama çeşitlerinin ayrı ayrı incelenmesiyle kinematik eşitlikler elde edilmiştir. Burada, sürücü tahrikli oblique kesimde dönen takma uçlu takımı için geçmiş çalışmalarda elde edilen kinematik eşitliklere yer verilecektir. İşlemin mekaniği takım çerçevesinde ve mutlak alanda çalışma zorluluğu vardır. Şekil 3.23a’da takım merkezden yukarıda ayarlanmış ve üstte görüldüğü gibi saat yönünün tersinde hareket eder. Bu yüzden V_r pozitif olarak kabul edilir. İş parçası hızı V_w ve düz kabul edilen tüpün duvarları normal düzlem P_n ’ye göre statik eğim açısı i_s ile eğimlidir. İşlem oblique kesmeye dönüşür. İş parçası bağıl hızı V ’nin P_n ’ye göre i eğim açısı ile verilir. Şekil 3.25a’dan 3.25e’ye kadar sürücü tahrikli dönen takma uçlu takımın konfigürasyonu V_r olarak pozitiften negatif değere doğru değişir (Takımın dönüşü ters). V_r sıfıra eşit olduğunda Şekil 3.25b’de gösterildiği gibi dönen takma uç sabit bir takım gibi olur. Ayrıca, bu durumda sürücü tahrikli oblique işlem, Şekil 3.25b ve 3.25g’de görüldüğü gibi klasik oblique kesme işlemi gibi olur.

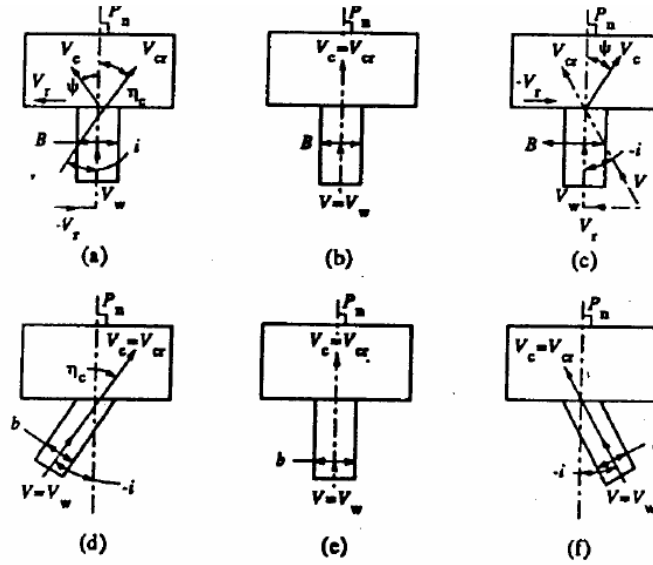
Bu yüzden kinematik için bu iki işlemin eşitliği talaş kaldırma miktarındaki hacmin aynı V ve aynı kalınlık t için eşit olduğu göz önüne alınabilir:

$$Vbt = V_w Bt = VBt \frac{\cos i}{\cos i_s} \quad (3.9)$$

$$b = B \frac{\cos i}{\cos i_s} \quad (3.10)$$

3.6.2 Sürücü Tahrikli Dönen Takma Uçlu Takımla Ortogonal Kesme Kinematiği

Sürücü tahrikli takım iş parçasına göre merkezde ayarlandığında (statik eğim açısı i_s sıfıra eşit) bu işlem sürücü tahrikli dönen takma uçlu takımla ortogonal kesme olarak adlandırılır. Mutlak hız V_w P_n 'ye paraleldir fakat, bağıl hız V P_n 'ye i eğim açısı ile eğimlidir ve bu bağıl hızın şiddeti ve yönü takımın dönme hızı V_r 'ye bağlıdır. Şekil 3.26'da V_r olarak gösterilen hem sürücü tahrikli dönen takımla ortogonal kesme işlemi hem de onun klasik ortogonal kesme işlemindeki eşiti pozitiften negatif değere doğru değişir. Sürücü tahrikli dönen takma uçlu takımla oblig kesme için 3.5 ve 3.10 eşitliği ayrıca $i = 0$ olduğunda ortogonal işlemi için de uygulanır.



Şekil 3.26 Sürücü tahrikli dönen takma uçlu takımla ortogonal kesme ve klasik işlemde ona bağlı eşitliği (Armarego, 1994).

Takım merkeze ayarlandığında ve sürücü tahrikli değil ise fakat, kendi eksenini etrafında serbest dönüyorsa takım kendinden tahrikli olabilir. Bununla birlikte, Şekil 3.26b ve 3.26e'de

gösterildiği gibi bu düşünce gerçekleşmez. Bu durumda, sürücü tahrikli dönen takma uçlu takım ile ortagonal kesme işlemi klasik ortagonal kesme işlemine mükemmel bir şekilde eşit olur ve bileşke kuvvette normal düzlemde olur. Böylece kesme kenarında takımı hareket ettirebilecek herhangi bir yan kuvvet olmaz. Bu yüzden, dönen takma uçlu takım ile ortagonal kesme işlemi dışarıdan bir kaynakla tahrik edilmelidir.

3.6.3 Kendinden Tahrikli Dönen Takma Uçlu Takım ile Oblig Kesme Kinematığı

Diğer yöntemlerin aksine, bu işlem takımın dönüşüne izin vermesi için oblig olmak zorundadır. Daha önceleri takıma hareket vermenin bir yolu, onu merkezden aşağıya ya da yukarıda ayarlamaktır. Dönen takım dönmesi için serbest bırakıldığında ve merkezden yukarıda ayarlandığında i_s sıfıra eşit olmaz, kesme etkisi ile kesme kenarı boyunca bir kuvvet oluşturur ve takımı saatin ters yönünde (negatif V_r) hareket ettirir. Takım kenarında herhangi bir yan kuvvet olmadığında denge sağlanır ve hareket biter. Bu durum Şekil 3.26d’de gösterildiği gibi bağıl hız V normal düzlemde olduğunda (eğim açısı sıfır) meydana gelir. Bu yüzden bunun dengi klasik ortagonal işlemdir. Takım merkezden aşağı ayarlandığında statik eğim açısı i_s negatif olur. Eğim açısı sıfırdır ve takım saat yönünde hareket eder.

Takıma hareket vermenin diğer bir yolu da takıma efektif negatif talaş açısı vermektir. Böylece, takım saatin ters yönünde talaş sayesinde tahrik alır. Bu takımın açılı pozisyonu takımın merkezden yukarıda ayarlanmış konumuna benzerdir. Ayrıca, bazı takımlar iki yönde iş parçası eksen ve arka normal eksen (efektif negatif talaş açısı) boyunca eğimlidir. Sürücü tahrikli dönen takma uçlu takım ile oblig kesme işlemi için 3.5 ve 3.10 eşitlikleri ayrıca, $i = 0$ için kendinden tahrikli olanı için de uygulanır.

3.7 Dönen Takma Uçlu Takımlarla Kesme İşleminin Mekaniği

Dönen takma uçlu takımlar kullanarak elde edilen işlemin kesme mekaniği, takma ucun hızı, uç çapı, eğim açısı ve bunlara ek olarak işlemin genel bağımlı parametreleri gibi kesme takımına bağlı parametrelerden etkilenen karmaşık bir işlemdir. Bu parametrelerin hepsi işleme yüzey kalitesini ve dolayısıyla yüzey pürüzlülüğünü etkiler.

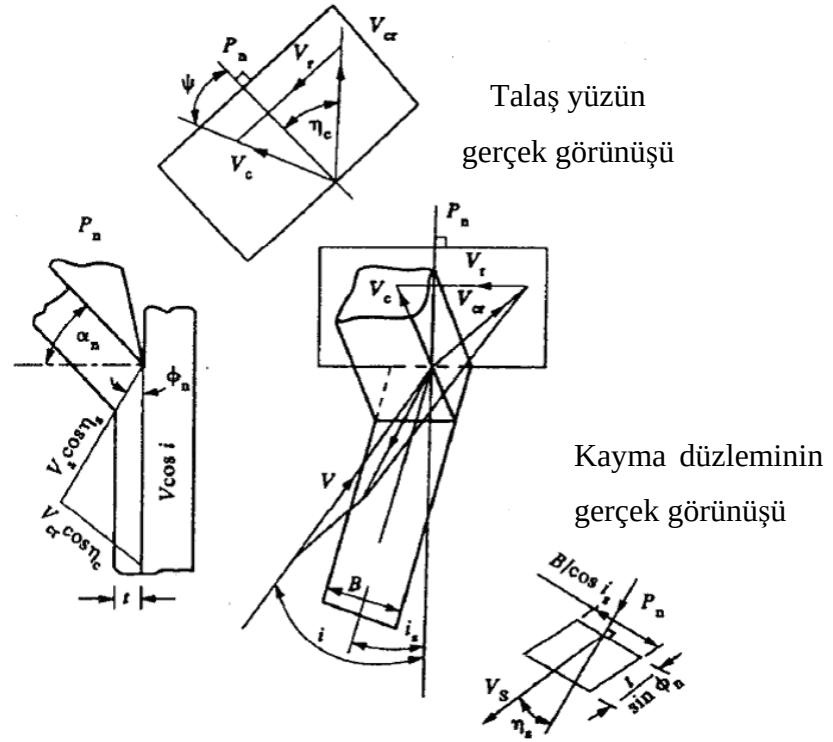
Burada, daha önceki çalışmalarda yapılan dönen takma uçlu takımların işleme sırasındaki mekanik analizlerine ve elde edilen eşitliklere yer verilecektir.

3.7.1 Sürücü Tahrikli Dönen Takma Uçlu Takımla Oblig Kesme Mekaniği

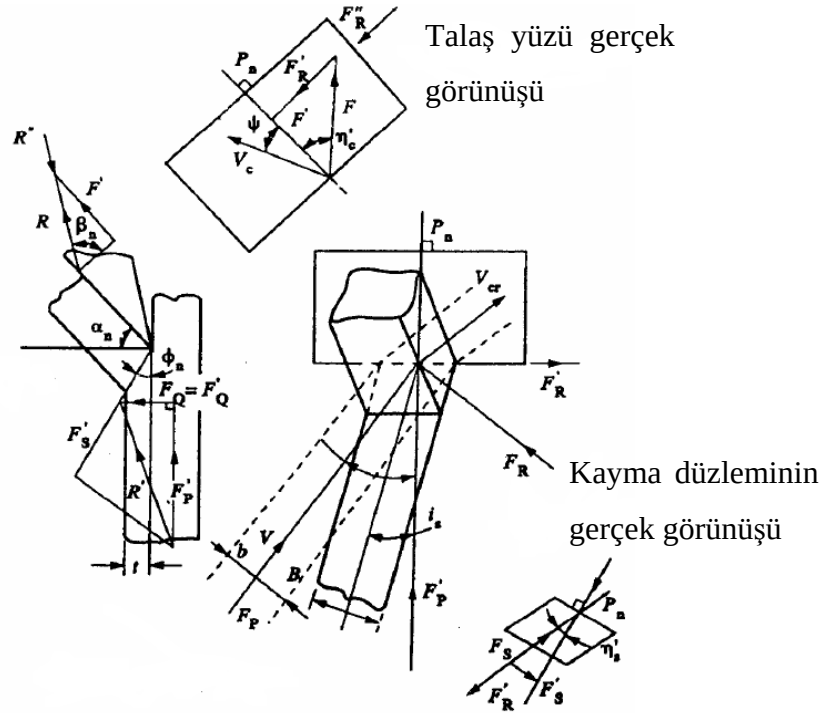
Kayma bölgesi modeli ve klasik oblig kesme işleminde kullanılan buna bağlı kabuller dönen takma uçlu takım işlemi için de uygulanmıştır. Ayrıca, mekanizma takım çevresinde çalışılmıştır [5].

1. Sürekli (talaş birikmesi olmadan) ve düzgün talaş formu vardır.
2. Bu talaş formasyonu, kayma nedeniyle ince bir bölgede kayma düzlemi ve talaş yüzeyinde de sürtünmeye neden olur. Böylece talaş, kayma düzlemine ve talaş yüzeyine etki eden eşit, zıt ve aynı doğrultuda bir dengededir.
3. Makaslama (kayma) kuvveti F_s ve bağıl makaslama hızı V_s , sürtünme kuvveti F ve bağıl talaş hızı V_{cr} 'de olduğu gibi aynı doğrultudadır.
4. Talaş ucundaki sürtünmeden kaynaklanan kesme kuvvetleri yoğunluğu, bağıl kesme hızının (V) normal vektörü ve kesme genişliği ile orantılı olan kesme kenarında meydana gelir.
5. Takımın dönüşü nedeniyle talaş akışı için ek bir enerjiye ihtiyaç yoktur.

Bu işlem bu kabulleri kullanarak aşağıdaki şekil ile tanımlanır ve oblig kesme işlemine bir eşitlik elde etmek için sabit bir takıma göre bir deformasyon işlemi göz önüne alınmıştır. Şunu dikkat etmek önemlidir ki yukarıdaki üçüncü kabulden açı η_c ve $\eta_{c'}$, η_s ve $\eta_{s'}$ de olduğu gibi eşittir.



a) deformasyon ve hızlar.



b) Deformasyon ve kuvvetler.

Şekil 3.27 Sürücü tahrikli dönen takma uçlu takım ile oblig kesme modeli (Armarego, 1994).

Şekil 3.27a'dan kütle süreklilik ve sıkıştırılamaz durumlarında, talaş akışı ve denklemleri

3.5'ten 3.9'a Armarego (1994) deneylerle de kanıtlanmış aşağıdaki denklemleri türetmiştir:

$$B_c = B \frac{\cos \psi}{\cos i_s} \quad (3.11)$$

$$r_t = r_l \frac{\cos \psi}{\cos i_s} \quad (3.12)$$

$$r_t = r_{lr} \frac{\cos \eta_c}{\cos i} \quad (3.13)$$

$$\tan \eta_c = \frac{\sin(i - i_s)}{r_t \cos i \cos i_s} - \tan \psi \quad (3.14)$$

$$\tan \phi_n = \frac{r_t \cos \alpha_n}{1 - r_t \sin \alpha_n} \quad (3.15)$$

(3.15) Eşitliğinden, ϕ_n için (3.16) ve (3.17) Eşitlikleri türetilir:

$$\tan \phi_n = \frac{r_l \frac{\cos \psi}{\cos i_s} \cos \alpha_n}{1 - r_l \frac{\cos \psi}{\cos i_s} \sin \alpha_n} \quad (3.16)$$

$$\tan \phi_n = \frac{r_{lr} \frac{\cos \eta_c}{\cos i_s} \cos \alpha_n}{1 - r_{lr} \frac{\cos \eta_c}{\cos i_s} \sin \alpha_n} \quad (3.17)$$

Ayrıca, kayma akış açısı:

$$\tan \eta_s = \frac{\tan i \cos(\phi_n - \alpha_n) - \sin \phi_n \tan \eta_c}{\cos \alpha_n} \quad (3.18)$$

Bir yanda talaş uzunluğu oranı, r_l deneysel olarak ölçülebilir:

$$r_l = \frac{l_c}{l} = \frac{V_c}{V_w} \quad (3.19)$$

Diğer yanda da bağıl talaş uzunluğu oranı r_{lr} dönel takımın kesme işleminde ölçülemez fakat şu şekilde verilir:

$$r_{lr} = \frac{V_{cr}}{V} \quad (3.20)$$

Şekil 3.27b'den talaş eşitliği (yukarıdaki ikinci kabulü kullanarak) şu şekildedir:

$$\tan \beta_n = \tan \beta \cos \eta_c' \quad (3.21)$$

$$\tan \eta_s' = \frac{\tan \eta_c' \sin \beta_n}{\cos(\phi_n + \beta_n - \alpha_n)} \quad (3.22)$$

$$F_P = \tau B t \cos i \frac{\cos(\beta_n - \alpha_n) + \tan \eta_c' \sin \beta_n \tan i}{M \sin \phi_n \cos i_s} \quad (3.23)$$

$$F_Q = \tau B t \frac{\sin(\beta_n - \alpha_n)}{M \sin \phi_n \cos i_s} \quad (3.24)$$

$$F_R = \tau B t \cos i \frac{\cos(\beta_n - \alpha_n) \tan i - \tan \eta_c' \sin \beta_n}{M \sin \phi_n \cos i_s} \quad (3.25)$$

$$M = \sqrt{\cos^2(\phi_n + \beta_n - \alpha_n) + \tan^2 \eta_c' \sin^2 \beta_n} \quad (3.26)$$

Üçüncü kabulden sonra, 3.21 ve 3.25 denklemleri birbirine eşit olmalıdır:

$$\tan(\phi_n + \beta_n) = \frac{\tan i \cos \alpha_n}{\tan \eta_c' - \sin \alpha_n \tan i} \quad (3.27)$$

Özetlenirse, pratik kuvvet bileşenlerinin aşağıdaki gibi bir fonksiyonel formda olduğuna dikkat etmek önemlidir:

$$F_{Pt}, F_{Qt}, F_{Rt} = \text{Fonksiyon} (\alpha_n, i, B, t, \tau, \phi_n, \beta, Kl_P, Kl_Q, Kl_R) \quad (3.28)$$

burada, V_w ve V_r i'nin yerine aynı şekilde ϕ_n için r_{lr} veya r_l ve β için β_n kullanılabilir.

Bu son form sadece kayma ve sürtünmeye bağlı olarak pratik kuvvet bileşenlerini önceden tahmin etmede B , t , α_n , i_s ve i verildiğinde ve τ , ϕ_n , β_n bilindiğinde yararlı bir yol olduğunu göstermektedir.

Ayrıca, dördüncü kabulde belirtildiği gibi, birim kesme genişliği başına kenar kuvvet katsayısı Kl_P , Kl_Q ve Kl_R takım ucunda oluşan ek sürtünmeyi de göz önüne alan aşağıdaki toplam kuvvet bileşenleri elde edilir:

$$F_{P_t} = F_P + F_{P_e} = F_P + Kl_P B \frac{\cos i}{\cos i_s} \quad (3.29)$$

$$F_{Q_t} = F_Q + F_{Q_e} = F_Q + Kl_Q B \frac{\cos i}{\cos i_s} \quad (3.30)$$

$$F_{R_t} = F_R + F_{R_e} = F_R + Kl_R B \frac{\cos i}{\cos i_s} \quad (3.31)$$

Sürücü tahrikli oblig dönel kesme işleminde toplam güç P (dönen takma ucu ve iş parçasını döndürecek gücü içeren) ve toplam spesifik kesme enerjisi:

$$P = F_{P_t} V \quad (3.32)$$

$$U = \frac{P}{BtV} = \frac{F_{P_t} V}{btV} = \frac{F_{P_t}}{bt} \quad (3.33)$$

olarak hesaplanır.

Dönen takma uçlu takım işlemleri için yukarıdaki denklemlerin çoğu, klasik oblig kesme içinde benzerdir. Hacimsel talaş kaldırma oranları her iki işlem içinde aynıysa (V ve t 'de değişiklik yoksa) her iki yöntemde denk olarak göz önüne alınır. Bu eşit kesme genişliğini $b = B \cos i / \cos i_s$ demektir. Bu yolla klasik oblig kesme için (3.20), (3.23) ve (3.28)'ten (3.32) döner takım Eşitlikleri özdeşleşir.

Bununla birlikte iki işlem arasındaki temel fark, dönen takma uçlu takımlardaki işlemede talaş aktarma olayının olmasıdır. Bu yüzden, aynı işlemler için mutlak talaş akış açısı (ψ) ve mutlak talaş uzunluk oranı (r_t) dönel takımlarla işlemede, bağıl talaş akış açısı (η_c) ve bağıl talaş uzunluk oranı (r_{lr}) ile belirtmek gerekir.

Sonunda, Armarego (1994), dönen takma uçlu takım ile kesme ve klasik oblig kesme işlemi arasında mükemmel bir denklik amaçlamıştır. Sonuç olarak, tüm ortak elemanların nicel değerleri her bir işlemde aynı olmalıdır. Bu model, deneysel araştırmalarla kanıtlanmıştır.

3.7.2 Sürücü Tahrikli Döner Takma Uçlu Takımla Ortogonal Kesme Mekaniği

Sürücü tahrikli döner takma uçlu takımla ortogonal kesme işlemi, sürücü tahrikli döner takma uçlu takımla oblig kesme işleminin özel bir halidir (statik eğim açısı - i_s sıfır olduğu durum).

Aynı kayma modeli kullanıldığında ve denklemde $i_s = 0$ olduğunda sürücü tahrikli döner takım işlemlerinde benzer analiz sonuçları elde edilir.

Armarego'dan sonra sürücü tahrikli ortogonal dönel takımla kesme işlemi dinamik olarak modellenmiştir ve klasik oblig kesme işleminde kesme genişliği talaş aktarımı ile birlikte $b = B \cos i$ olmalıdır. Burada, V_r için ek bir enerjiye gerek yoktur. Ayrıca bu model, deneysel araştırmalarla kanıtlanmıştır.

$$V = \sqrt{V_w^2 + V_r^2} \quad (3.35)$$

$$\tan i = \frac{V_r}{V_w} \quad (3.36)$$

$$V_w = V \cos i \quad (3.37)$$

$$V_r = V \sin i \quad (3.38)$$

$$Vbt = V_w Bt = VBt \cos i \quad (3.39)$$

$$b = B \cos i \quad (3.40)$$

$$r_t = r_l \cos \psi = r_{lr} \frac{\cos \eta_c}{\cos i} \quad (3.41)$$

$$\tan \eta_c = \frac{\sin i}{r_t \cos i} - \tan \psi \quad (3.42)$$

$$\tan \phi_n = \frac{r_t \cos \alpha_n}{1 - r_t \sin \alpha_n} \quad (3.43)$$

$$\tan \phi_n = \frac{r_l \cos \psi \cos \alpha_n}{1 - r_l \cos \psi \sin \alpha_n} \quad (3.44)$$

$$\tan \phi_n = \frac{r_{lr} \frac{\cos \eta_c}{\cos i} \cos \alpha_n}{1 - r_{lr} \frac{\cos \eta_c}{\cos i} \sin \alpha_n} \quad (3.45)$$

$$\tan \beta_n = \tan \beta \cos \eta_c \quad (3.46)$$

$$\tan \eta_s' = \frac{\tan \eta_c' \sin \beta_n}{\cos(\phi_n + \beta_n - \alpha_n)} \quad (3.47)$$

$$F_P = \tau B t \cos i \frac{\cos(\beta_n - \alpha_n) + \tan \eta_c' \sin \beta_n \tan i}{M \sin \phi_n} \quad (3.48)$$

$$F_Q = \tau B t \frac{\sin(\beta_n - \alpha_n)}{M \sin \phi_n} \quad (3.49)$$

$$F_R = \tau B t \cos i \frac{\cos(\beta_n - \alpha_n) \tan i - \tan \eta_c' \sin \beta_n}{M \sin \phi_n} \quad (3.50)$$

$$M = \sqrt{\cos^2(\phi_n + \beta_n - \alpha_n) + \tan^2 \eta_c' \sin^2 \beta_n} \quad (3.51)$$

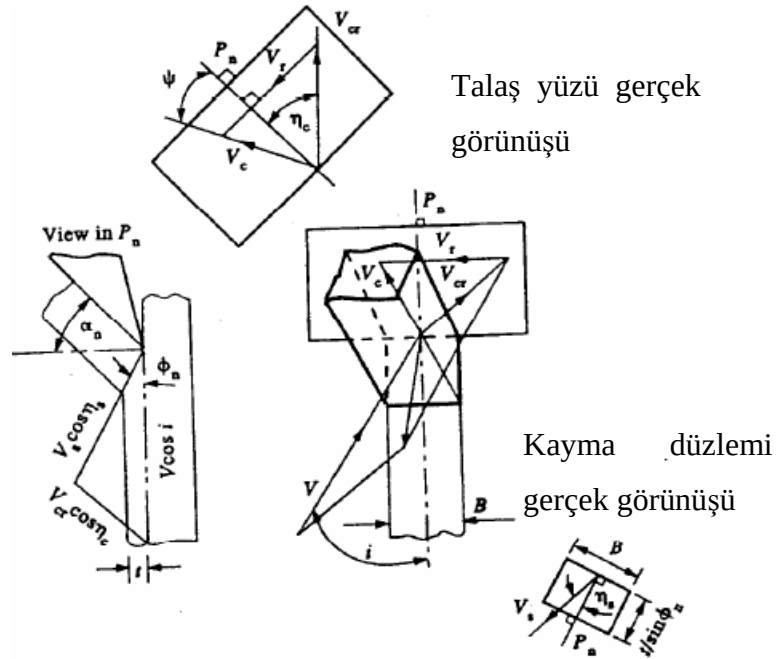
$$\tan(\phi_n + \beta_n) = \frac{\tan i \cos \alpha_n}{\tan \eta_c - \sin \alpha_n \tan i} \quad (3.52)$$

$$F_{Pt} = F_P + F_{Pe} = F_P + Kl_P B \cos i \quad (3.53)$$

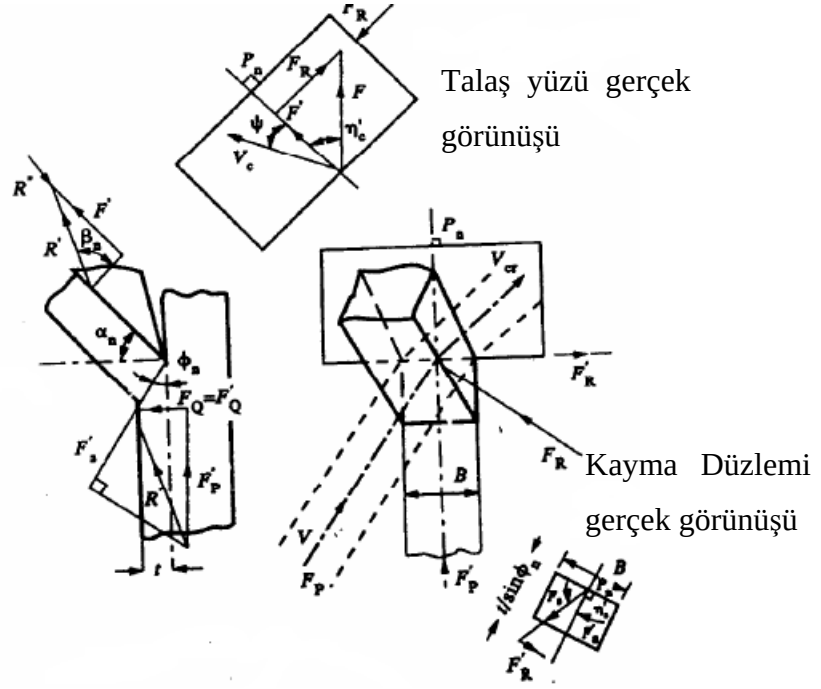
$$F_{Qt} = F_Q + F_{Qe} = F_Q + Kl_Q B \cos i \quad (3.54)$$

$$F_{Rt} = F_R + F_{Re} = F_R + Kl_R B \cos i \quad (3.55)$$

$$F_{Pt}, F_{Qt}, F_{Rt} = \text{Fonksiyon}(\alpha_n, i, B, t, \tau, \phi_n, \beta, Kl_P, Kl_Q, Kl_R) \quad (3.56)$$



a) Deformasyon ve hızlar



b) Deformasyon ve kuvvetler

Şekil 3.28 Sürücü tahrikli dönen takma uçlu takım ile ortagonal kesme modeli (Armarego, 1994).

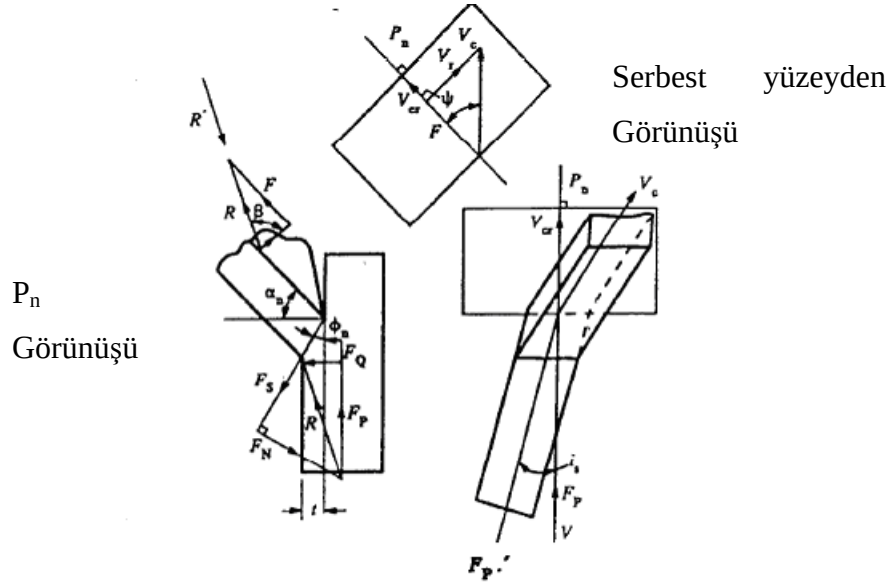
3.7.3 Kendinden Tahrikli Döner Takımla Oblig Kesme Mekanikliği

Kendinden tahrikli döner takımla oblig kesme işlemi ek enerji gerektirmeyen bir talaş aktarmalı klasik ortagonal kesme işlemi denklemleri ile açıklanabilir.

Mutlak deformasyon geometrisi, hızları ve kuvvetleri Şekil 3.29’da gösterilmiştir. Kendinden tahrikli için denklemler sürücü tahrikli oblig kesme işleminde $i = 0$ olduğunda elde edilir.

Bu yolda Armarego, kendinden tahrikli döner takma uçlu takım ile işlemedeki kuvvet ve güçleri, klasik ortagonal kesme analizinde kesme genişliğinin $b = B/\cos i_s$ olarak kullanılarak bulunabildiğini ispatlamıştır. Denklemler aşağıda verilmiştir.

Her iki form işlemde, kendinden tahrikli olanı deneysel olarak kanıtlanmıştır (Armarego).



Şekil 3.29 Kendinden tahrikli dönen takma uçlu takım ile oblig kesme modeli.

$$V = V_w \cos i_s \quad (3.57)$$

$$V_r = V_w \sin i_s \quad (3.58)$$

$$Vbt = \frac{VBt}{\cos i_s} = V_w Bt \quad (3.59)$$

$$b = \frac{B}{\cos i_s} \quad (3.60)$$

$$r_t = \frac{r_r}{\cos i} = r_r = r_l \frac{\cos \psi}{\cos i_s} \quad (3.61)$$

$$\eta_c = 0 \quad (3.62)$$

$$\tan \psi = \frac{\sin(i - i_s)}{r_t \cos i \cos i_s} \quad (3.63)$$

$$\tan \phi_n = \frac{r_t \cos \alpha_n}{1 - r_t \sin \alpha_n} \quad (3.64)$$

$$\tan \phi_n = \frac{r_l \frac{\cos \psi}{\cos i_s} \cos \alpha_n}{1 - r_l \frac{\cos \psi}{\cos i_s} \sin \alpha_n} \quad (3.65)$$

$$\tan \phi_n = \frac{r_b \cos \alpha_n}{1 - r_b \sin \alpha_n} \quad (3.66)$$

$$\tan \eta_z = 0 \Rightarrow \eta_z = 0 \quad (3.67)$$

$$F_P = \tau B t \frac{\cos(\beta_n - \alpha_n)}{\cos(\phi_n + \beta - \alpha_n) \sin \phi_n \cos i_z} \quad (3.68)$$

$$F_Q = \tau B t \frac{\sin(\beta_n - \alpha_n)}{\cos(\phi_n + \beta - \alpha_n) \sin \phi_n \cos i_z} \quad (3.69)$$

$$F_R = 0 \quad (3.70)$$

$$F_{P_t}, F_{Q_t} = \text{Fonksiyon } (\alpha_n, t, B, i_z, V_w, \tau, \phi_n, \beta, Kl_P, Kl_Q) \quad (3.71)$$

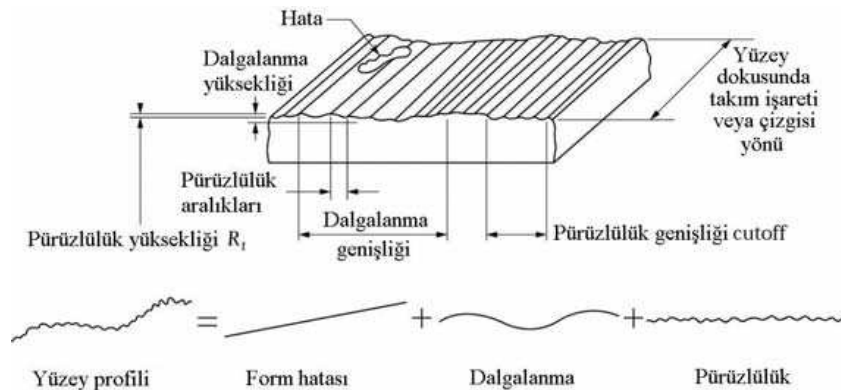
4. YÜZEY KALİTESİ VE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

Kendinden tahrikli dönen takma uçlu takımlar kullanılarak çeşitli kesme parametrelerinin malzeme işlenmiş yüzeyine etkilerinin incelenmesi kapsamında yüzey kalitesi ve pürüzlülüğü kavramlarını incelemek gerekir.

Talaş kaldırma işleminin amacı, parçalara sadece bir şekil vermek değil, bunları geometrik, boyut ve yüzey bakımından parça resminde gösterilen belirli bir doğruluk derecesine göre imal etmektir. Buna işleme kalitesi denilir. Parçanın geometrik, boyut ve yüzey doğruluğunu kapsayan işleme kalitesi, günümüzde talaş kaldırma işleminin en önemli özelliğidir.

Bir parça, işlendikten sonra resim üzerinde gösterilen nominal (ideal) şekline göre bazı nedenlerden dolayı geometrik, boyut ve yüzey bakımından bir takım sapmalar (hatalar) göstermektedir. İşleme yöntemine bağlı olarak daha büyük veya daha küçük olan bu hatalar, parçaların kullanma yerine göre müsaade edilen bir değerde tutulursa parçanın çalışmasına engel olmamaktadır. Müsaade edilen hatalar genellikle toleransların yardımıyla ifade edilir. Bu toleranslar, parçanın boyut, geometrik ve yüzey kalitesini oluştururlar. Burada dikkat edilecek husus, hatalar ile kalite arasında ters orantılı bir bağıntının olmasıdır. Hatalar ne kadar küçük (toleranslar sıkı) olursa kalite o kadar yüksek, hatalar ne kadar büyük (toleranslar kaba) olursa kalite de o kadar düşük olur. Mühendislik bakımından önemli olan husus, parçanın kullanma yerine göre kalitesini, teknik ve ekonomik açıdan uygun olarak belirlemek ve parçayı bu kaliteyi sağlayacak yöntemlerle işlemektir. İşleme kalitesini oluşturan boyut, geometrik ve yüzey kaliteleri pratikte ayrı ayrı olarak ifade edilir.

Talaş kaldırma ile işlenen yüzeylerde, dalgalanma, form hataları ve pürüzlülük olmak üzere yüzey sapmaları meydana gelir. Dalgalanma geometrik sapmalar grubuna dahildir. Dolayısıyla yüzey kalitesini esasen yüzey pürüzlülüğü tayin eder.



Şekil 4.1 Yüzey kalitesi ve sapmalar [4].

Pürüzlülük: İşleyici bir takımın, yüzeyin bir ucundan diğer ucuna gitmesiyle oluşan pek çok çizikli, düzensiz kısa dalga boyu uzunluklarıdır. Yüzeydeki çizik izlerini normal yönde ölçme ile çapraz yönde ölçme arasında dalga boyu uzunluğu açısından fark vardır.

Dalgalanma: Yüzey pürüzlülüğü düzensiz dalga boyu uzunlukları olarak dağılmışsa, yüzey aşırı yüklenmiş demektir. Bu tür bir oluşum dalgalanma olarak adlandırılır.

Dalgalanma, yüzeyin taşlanması esnasında, taşlama taşının eksik kısımlarından, işlemeyi yapan takımın bağlantı karterinin titreşiminden ve ısı işlemlerden meydana gelebilir.

Form Hataları: Yüzeyin yapısında, kızak aşınmalarından, tornalama işleminde işleyici takımın merkezinin aşağıda veya yukarıda olmasından, iş parçası işlenirken iş parçasının eğilip bükülmesinden form hataları meydana gelebilir.

Yüzey pürüzlülüğü ölçme cihazları yüzeyini profilini grafik olarak çizerler. Yüzeyin uzun dalga boylarında olması yüzey pürüzlülüğü ölçme parametre değerini etkiler. Bu nedenle çok uzun dalga boyunun etkisi önlenmelidir.

4.1 Yüzey Pürüzlülük Parametreleri ve Tanımları

Standartlara göre yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi belirli kriterlere göre yapılır. Bu kriterlere göre pürüzler, yüzeye dik olan bir kesitte belirli bir numune uzunluğu boyunca belirli bir referans profiline ve profil ortalama çizgisine göre tayin edilir. Referans profil olarak genellikle geometrik profil alınır [3].

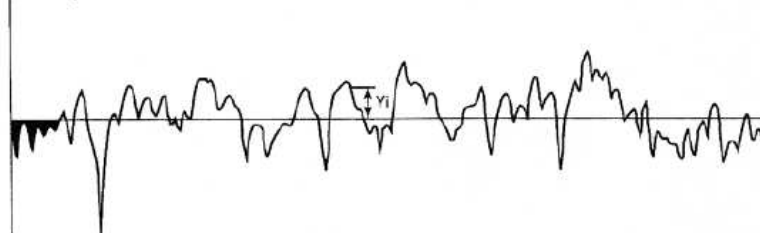


Şekil 4.2 Yüzey pürüzlülüğü ve değerlendirilmesi.

Yüzey pürüzlülüğü, yüzey pürüzlülüğünün derinliği (R_t), yüzey pürüzlülüğünün aritmetik ortalama değeri (R_a), 5 tane en yüksek 5 tane en düşük değerlerin ortalaması (R_z) ve aritmetik ortalama sapmalarının karekökü (R_q) değeri gibi kriterlere göre değerlendirilir.

4.1.1 Aritmetik Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (R_a)

Profil üzerinde alınan “örnek uzunluklarının (l)” bir araya gelmesi ile l_n ile ifade edilen “ölçüm uzunluğu” oluşur. Eğer profil “ n ” adet örnekleme uzunluğu içeriyorsa ölçüm uzunluğu $l_n = l \cdot n$ ile hesaplanır.



Şekil 4.3 Aritmetik ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a) hesaplaması.

Örnekleme uzunluğu (l) için R_a değeri, merkez çizgisinden ölçülen yükseklik değişimlerinin mutlak değerlerinin (y_i) aritmetik ortalaması olup şu formülle hesaplanır:

$$R_a = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |Y_i| \quad (4.1)$$

R_a değeri, yüzey pürüzlülüğü ölçen cihazlardan direkt olarak okunabilir.

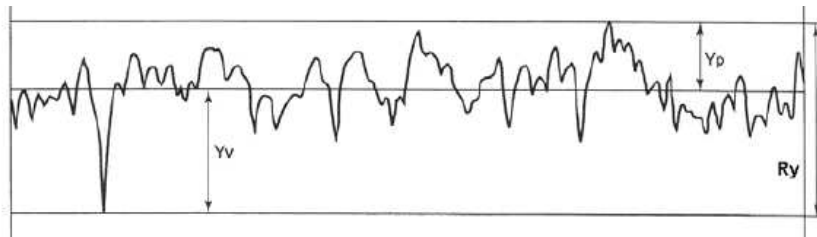
4.1.2 Aritmetik Ortalama Sapmalarının karekökü (R_q)

Örnekleme uzunluğu (l) için R_q değeri, merkez çizgisinden ölçülen yükseklik değişimlerinin mutlak değerlerinin (y_i) karelerinin toplamının karekökü olup şu formülle hesaplanır:

$$R_q = \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_i^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (4.2)$$

4.1.3 Maksimum Yüzey Pürüzlülüğünün Derinliği (R_t)

Örnek uzunluk için profilin maksimum yüksekliğidir.



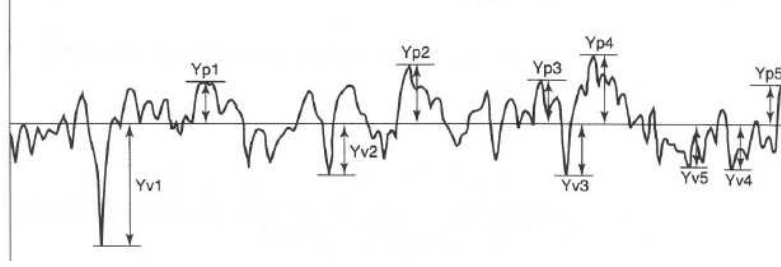
Şekil 4.4 Maksimum yüzey pürüzlülüğünün derinliği (R_t).

Maksimum yüzey pürüzlülüğünün derinliği (R_t) şu formülle hesaplanır:

$$R_t = Y_p + Y_v \quad (4.3)$$

4.1.4 Ortalama Pürüzlülük Derinliği (R_z)

Ortalama çizgiye paralel, profili kesmeyen bir doğrudan örnek boyu içinde ölçülen beş en yüksek çıkıntı ile beş en derin girinti arasındaki ortalama uzaklıktır (on nokta metodu).



Şekil 4.5 Ortalama pürüzlülük derinliği (R_z).

Ortalama pürüzlülük derinliği (R_z) şu formülle hesaplanır:

$$R_z = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 Y_{pi} + \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 Y_{vi} \quad (4.4)$$

4.2 Talaşlı İmalatta Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Faktörler

Parça ölçü tamlıkları ve yüzey kalitesi işleme parametrelerinin doğru seçimi ile sağlanabilmektedir. İşleme parametreleri, kesme, ilerleme, fener mili, iş mili hızları, paso derinliği gibi parametrelerdir. Bu parametrelerin seçimi genelde programcının tecrübesine, tezgahın el kitabına ve/veya takım kataloglarına göre yapılmaktadır [15]. Yine de, imalat resimlerinde belirtilen yüzey pürüzlülüğü ve tolerans değerlerini sağlatabilecek ilerleme ve kesme hızlarının tespiti oldukça zordur.

İşlenmiş parça yüzeylerinin tribolojik özellikleri, yüzey dokusundan birinci derecede etkilenmektedir. Yüzey pürüzlülüğü sadece aşınma, sürtünme ve yağlama gibi tribolojinin geleneksel konularında değil aynı zamanda sızdırmazlık, hidrodinamik, elektrik, ısı iletimi vb. farklı alanlarda da dikkate alınması gereken önemli bir faktördür. Bu yüzden makina parçalarında yüzey pürüzlülük değerinin tespiti oldukça önemlidir. Talaşlı imal usulleri kullanılarak yapılan yüzey operasyonları birçok değişkenden etkilenebilmektedir. Yüzey pürüzlülük değerinin azaltılması; paso derinliğinin azaltılması, düşük ilerleme ve yüksek

kesme hızları kullanımı, soğutma suyu debisinin artırılması, kesici takımın uç yarıçapının ve talaş açısı değerlerinin büyük olması gibi faktörlere bağlıdır.

Yine de talaşlı imalatta yüzey pürüzlülüğü aşağıdaki 3 temel faktörden etkilenir:

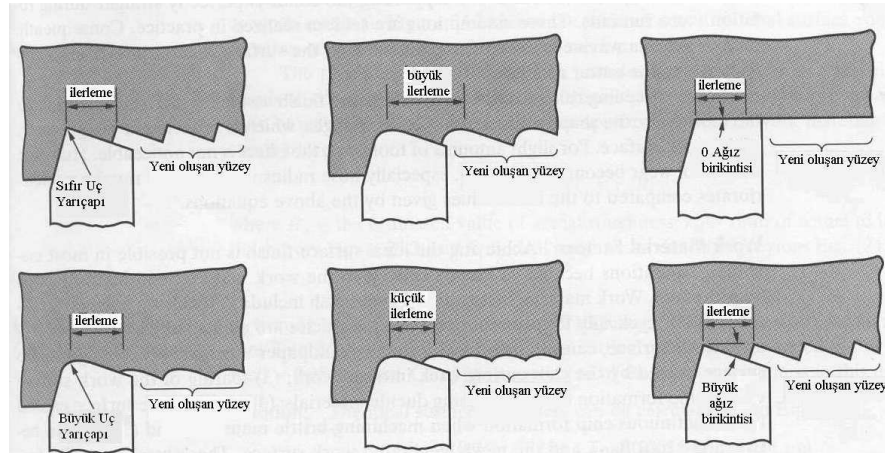
- Geometrik Faktörler
- İş Parçasının Etkileri
- Titreşim ve Kesici Takım Etkileri

4.2.1 Geometrik Faktörler

İmal edilmiş parçanın yüzey geometrisini talaş kaldırma parametreleri belirler. Bu parametreler;

1. Talaş kaldırma yöntemi
2. Takım geometrisi
3. İlerleme hızı

Bu faktörlere bağlı olarak yüzey geometrisi “ideal” ya da “teorik” yüzey pürüzlülüğü olarak adlandırılır. Frezeleme ve tornalama gibi imalat yöntemlerinde takım geometrisine ve takım yüzey temas şekline bağlı olarak yüzey geometrisi farklılık gösterir. Takım geometrisi ve ilerleme hızı birlikte yüzey geometrisini oluşturur. Takım geometrisin en önemli kısmı takımın yüzeye temas eden uç kısmıdır. Tek ağızlı takımlarda bu etki Şekil 4.6’da gösterilmektedir.



Şekil 4.6 Tek ağızlı takımlarda geometrik faktörün ideal yüzey pürüzlülüğüne etkisi. Uç yarıçapının etkileri, ilerlemenin etkileri, kesme açısının etkileri [15].

Aynı ilerleme hızında daha büyük uç yarıçapına sahip takımla daha pürüzsüz yüzey elde edilir. Aynı uç yarıçapına sahip takımla farklı ilerleme hızlarında talaş kaldırıldığında, büyük ilerleme hızıyla yapılan talaş kaldırmada yüzeyde oluşan kalem izleri arası mesafe daha büyük olur. Bu durumda daha iyi bir yüzey elde edilir. Kesme açısının büyük olması yüzey pürüzlülüğünü artırır. Teoride “sıfır” kesme açısı düzgün yüzey elde etmek için en uygun değerdir. Pratikte takımdaki kusurlar, iş parçası ve talaş kaldırma işleminden kaynaklanan sorunlar kesme açısının “sıfır” olmasını engeller.

Tek ağızlı kesme takımıyla yapılan talaş kaldırma işleminde elde edilen ortalama ideal yüzey pürüzlülüğünün yuvarlama yarıçapı ve ilerleme ile olan ilişkisi torna için aşağıdaki denklemde verilmiştir:

$$R_i = \frac{f^2}{32NR} \quad (4.5)$$

R_i : İdeal ortalama yüzey pürüzlülüğü, mm (in)

f : İlerleme, mm (in)

NR : Uç yarıçapı, mm (in)

Bu denklem freze için takımdaki her bir ağıza düşen ilerleme olacak şekilde hesaplanır.

4.2.2 İş Parçasının Etkileri

İş parçasının takımla olan sürtünmesinden dolayı ideal bir yüzey bitirme işlemi gerçekleştirilememektedir. Bu etkiler şöyle sıralanabilir:

1. Ağız birikintisi
2. Oluşan talaşın kıvrılıp yüzeyi çizmesi
3. Sünek malzemelerde talaş oluşumu sırasında yüzeyin yırtılması
4. Gevrek malzemelerde süreksiz talaş oluşumundan dolayı yüzey kusurları oluşması
5. İşlenmiş yüzeyle takım kesici kenarı arasındaki sürtünme

Bu faktörler kesme hızına ve kesme açısına bağlı olarak değişir. Kesme hızının ya da açısının artırılması yüzey kalitesini artırır.

Bu faktörler oluşan gerçek yüzeyin ideal yüzeyden daha pürüzlü olmasına sebep olur. Bu

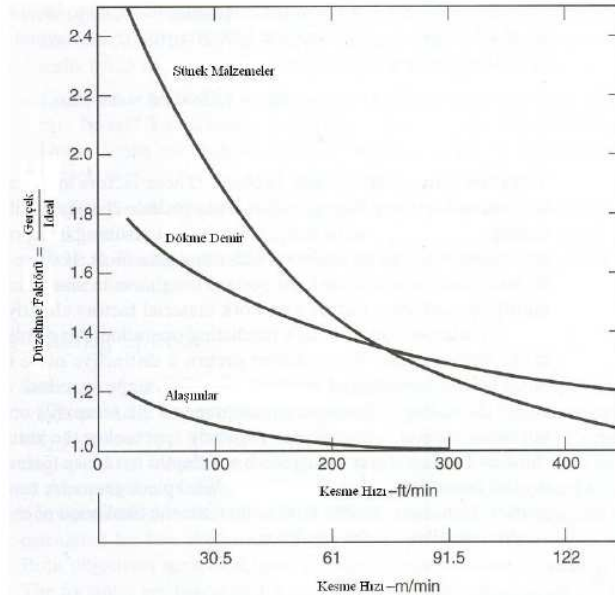
faktörler göz önünde tutularak ideal ve gerçek yüzey pürüzlülükleri arasında bir düzeltme faktörü geliştirilebilir. Şekil 4.7’de gerçek yüzey pürüzlülüğü ve ideal yüzey pürüzlülüğü arasındaki düzeltme faktörü gösterilmektedir. İdeal yüzey pürüzlülüğüne bağlı olarak gerçek yüzey pürüzlülüğü aşağıdaki denklemle ifade edilir:

$$R_p = r_{ai} \times R_i \quad (4.6)$$

R_p : Gerçek yüzey pürüzlülüğü

r_{ai} : Düzeltme faktörü

R_i : İdeal yüzey pürüzlülüğü



Şekil 4.7 Yüzey pürüzlülüğü düzeltme faktörü.

4.2.3 Titreşim ve Kesici Takım Etkileri

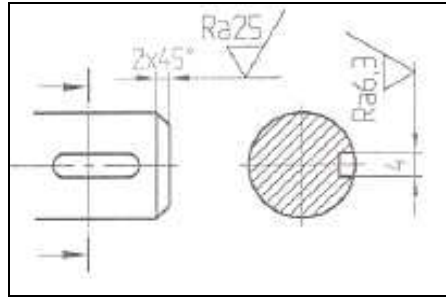
Bu faktörler kesici takıma ve işlemin kurulum aşamalarına bağlıdır. Bu hatalar tezgâhtaki ya da takımdaki titreşimlerden kaynaklanabileceği gibi tutturma tertibatlarından da kaynaklanabilir.

Bu titreşimler yüzeyin dalgalı olmasına neden olurlar. Oluşan titreşimleri minimuma indirmek için ilerleme hızını ve derinliği azaltılarak kesme kuvvetleri azaltılabilir.

4.3 Yüzey Pürüzlülüğünün Ölçülmesi

Ölçme tekniğinin gelişmesi ile yüzey pürüzlülük değerlerinin hepsi ölçülebilir hale gelmiştir. Ancak pratikte yüzey kalitesi genellikle R_z veya R_a değerleri ile ifade edilir. Parça imalat resmi üzerine bu değerlerden birinin verilmesi yeterlidir. Önceden daha çok R_z kullanılmasına karşın günümüzde daha ziyade uluslar arası bir kriter olarak kabul edilen ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a) kullanılır.

Parça imalat teknik resimlerinde, üretilecek parçaların ölçü ve toleranslarıyla birlikte bu parçaların yüzeylerinin hangi kalitede (hassasiyette) üretileceği de belirtilir. Şekil 4.8’de yüzey maksimum pürüzlülüğü $R_a = 25 \mu\text{m}$; yüzey minimum pürüzlülüğü $R_a = 6,3 \mu\text{m}$ olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Yüzeyin maksimum ve minimum pürüzlülüğünün R_a ile gösterilişi.

R_a ’nın değerleri standartlandırılmış ve ISO sistemine göre Çizelge 4.1’de gösterildiği gibi N ile simgelenmiştir. Genellikle yüzey pürüzlülüğü değeri μm cinsinden olarak ifade edilir. Bazı imalat resimlerinde yüzey kaliteleri önceden olduğu gibi ters üçgenlerden (∇) oluşan simgelerle ifade edilir.

Çizelge 4.1 R_a ile yüzey kalite simgesi arasındaki bağıntı.

Pürüzlülük Derecesi	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12
R _a (µm)	0.025	0.05	0.1	0.2	0.4	0.8	1.6	3.2	6.3	12.5	25	50
Simge	▽▽▽▽			▽▽▽			▽▽			▽		
Not: ISO sistemine göre R _a değerleri N ile simgelenmiştir.												

Bu çalışmada elde edilen R_a yüzey pürüzlülüğü değerleri minimum $1,68 \mu\text{m}$ ve maksimum $4,6 \mu\text{m}$ aralığında olduğu için N7 – N9 kalitesinde sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca Çizelge 4.2’de bu N kaliteleri, talaş çinsi, R_z ve R_a arasındaki ilişki gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. N kaliteleri, talaş cinsi, R_z ve R_a arasındaki ilişki.

Talaş cinsi	Kaba talaş		Orta talaş		İnce talaş	
Ortalama pürüz yüksekliği μm	$R_z = 100$	$R_z = 63$	$R_z = 25$	$R_z = 16$	$R_z = 6,3$	$R_z = 4$
Ortalama pürüzlülük değeri μm	$R_a = 25$	$R_a = 12,5$	$R_a = 6,3$	$R_a = 3,2$	$R_a = 1,6$	$R_a = 0,8$
Yüzey sınıf numarası						
Kesici takım uç kavisi	N11	N10	N9	N8	N7	N6
0,4 mm	0,57	0,45	0,28	0,2	0,14	0,1
0,8	0,80	0,63	0,43	0,3	0,2	0,16
1,2	1	0,8	0,5	0,4	0,25	0,2
1,6	1,13	0,9	0,6	0,45	0,3	0,23
2,4	1,4	1,3	0,7	0,55	0,35	0,28

$$R_z = \frac{f^2}{0,008.R} \mu m \quad R_a = \frac{f^2}{(0,032 - 0,040).R} \mu m$$

$R_z > 25 = 0,032$
 $R_z < 16 = 0,040$

5. DÖNEN TAKMA UÇLU TAKIMLARLA TALAŞLI ŞEKİLLENDİRME KONUSUNDA YAPILAN GEÇMİŞ ÇALIŞMALAR

5.1 Giriş

Bu bölümde, dönen takma uçlu takımlarla ilgili yakın geçmişte yapılan çalışmalar hakkında bilgi verilecektir.

S.S Joshi, N. Ramakrishnan, H. E. Nagarwalla ve P. Ramakrishnan Al/SiCp kompozit malzemelerinin işlenmesinde dönen takma uçlu takımların aşınmasını incelemişlerdir (1998). Özel takım tasarlanıp imal edilerek farklı kesme koşullarında takım aşınmaları elde edilmiş ve bir takım ömrü modeli geliştirmişlerdir.

S. Lei, W Liu titanyum alaşımlarını sürücü tahrikli dönen takımla yüksek hızla işleme konusunda çalışma yapmışlardır (2001). Özel bir dönen takma uçlu takım imal edilmiştir. Bu takımın takım ömrünü arttırdığını elde etmişlerdir.

U. A. Dabade, S. S. Joshi, N. Ramakrishnan kendinden tahrikli dönen takma uçlu freze kesicisi kullanılarak farklı kesme koşullarında yüzey pürüzlülüğü ve talaş kesit alanı analizleri yapmışlardır (2002). Yüzey pürüzlülüğü ve talaş kesit alanına etki eden en önemli faktörün takımın eğim açısının olduğunu elde etmişlerdir.

S. Sathyan, S. N. Melkote sertleştirilmiş çeliklerin tornalanması konusunda dönen takma uçlu takım için yeni bir model tasarlanması konusunda çalışmışlardır (2002).

H. A. Kishawy, J. Wilcox kendinden tahrikli dönen takımlar kullanılarak sert tornalama işleminde takım aşınması ve talaş formunu araştırmışlardır (2002). Bu takım için karbür uç, kaplanmış karbür ve seramikler kullanılmış ve kaplamalı karbür ucun süper aşınma direnci gösterdiğini bulmuşlardır.

H. A. Kishawy, C. E. Bezce, D. G. McIntosh kendinden tahrikli dönen takma uçlu takım kullanılarak uzay alaşımlarının işlenmesinde takım performansı ve elde edilen yüzey kalitesi hakkında çalışma yapmışlardır (2003). Farklı çapta ve malzemede takımlar tasarlanmış ve deneyler eşdeğer konvansiyonel takımlarla karşılaştırmışlardır. Kendinden tahrikli dönen takma uçlu takım kullanılarak uzay alaşımlarının yüksek performansla işlenmesi için optimum ve güvenli kesme koşulları elde edilmiştir.

V. Dessoly, S. N. Melkote, C. Lescalier sertleştirilmiş çeliklerin kendinden tahrikli dönen

takma uçlu takımlarla işlenmesinde takımda oluşan sıcaklık dağılımı için bir model geliştirmişlerdir (2004). Oluşan gerilmeleri sonlu elemanlar modeli ile çözüme gitmişlerdir.

L. Li, H. A. Kishawy kendinden tahrikli dönen takım ile işleme sırasında kesme kuvvetleri için bir model geliştirmişlerdir (2005). Yapılan deneysel çalışmalar sonucu farklı kesme koşullarında elde edilen sonuçlarla model arasında iyi bir uyum sağladığı elde edilmiştir.

W. Hao, X. Zhu, X. Li, G. Turyagyende kendinden tahrikli dönen takma uçlu takım için kesme kuvvetlerini önceden hesaplamak için yapay sinir ağları yöntemini kullanarak elde etmeye çalışmışlardır (2006). Bu modeli deneyleri ile doğrulamaya çalışmışlar ve tatminkar sonuçlar almışlardır.

E. O. Ezugwu dönen takma uçlu takımların genel özelliklerini, takım ömrüne etki eden faktörleri, pratik işleme verilerini ve takım aşınmalarını işlenmiş parçanın yüzey kalitesi ile birlikte incelemiş ve konvansiyonel takımlara göre karşılaştırmasını yapmıştır (2006).

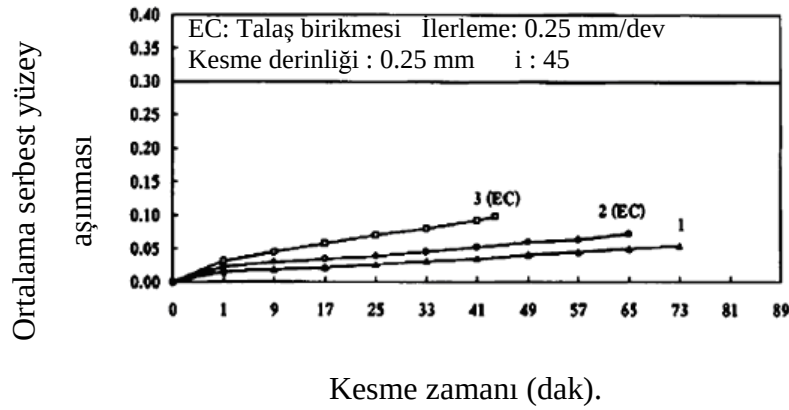
5.2 Döner Takma Uçlu Takımlarla Talaşlı Şekillendirmede Yüzey Pürüzlülüğü İle İlgili Geçmiş Çalışmalar

5.2.1 KTD ile Nikel ve Titanyum Bazlı Süper Alaşımların İşlenmesi

E. O. Ezugwu çalışmasında, döner takma uçlu takım teknolojisi, Nikel ve Titanyum bazlı süper alaşımların işlenmesinde bu takımın ömrüne ve yüzey pürüzlülüğüne etki eden faktörleri pratik işleme verileri ile incelemiştir (2006). Burada, bu çalışmanın temellerine ve elde edilen verilere yer verilecektir.

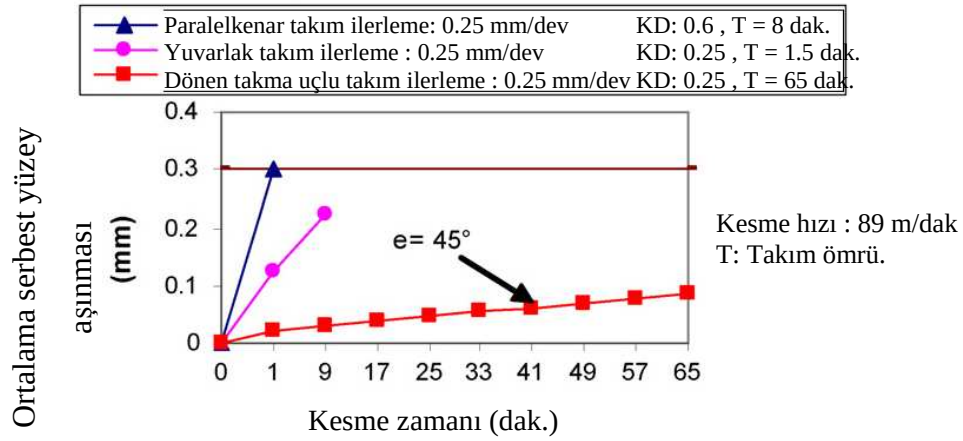
Yüksek mekanik ve kimyasal etkilere karşı yüksek sıcaklıkları elemine etme özellikleri nedeniyle jet motorlarında hem sabit hem de hareketli parçalarda kullanmak için süper alaşımları ideal malzeme yapmıştır. Bu malzemelerin seramik yapıları nedeniyle işleme sırasında kesici takımında yüksek sıcaklık oluşması nedeniyle sorun oluşturur. Döner takma uçlu takımlarda dışarıdan bir sürücü ile ya da kesme kuvvetlerinin etkisi ile ucun kendi ekseninde dönmesi sağlanır ve böylece kesme kenarında oluşan ısı dönme ile tüm kenara yayılır. Böylece birim kesme ucuna gelen sıcaklık azalmış olur ve termal etki en aza indirilerek takım ömründe diğer konvansiyonel sabit uçlara göre büyük artış sağlanması beklenmiştir. Döner takma uçlu takım ile yüksek talaş kaldırma oranları, dairesel kesme kenarı sayesinde daha iyi yüzey finiş kalitesi ve nikel ve titanyum bazlı kesilmesi zor alaşımların işlenebilirliği gibi yararlar elde edildiği önceki bölümlerde belirtilmiştir.

Şekil 5.1, karbür kaplanmamış KTDT tip uçla titanyum bazlı IMI318 alaşımının farklı kesme koşullarında işlenmesinde en düşük serbest yüzey aşınması elde edildiği görülür. IMI 318 alaşımının işlenmesinde farklı karakteristiklerdeki takımların aşınmaları ile ilgili karşılaştırma Şekil 5.2’de gösterilmiştir. KTDT ile işlemede konvansiyonel kesme koşullarındaki uçlara göre süper aşınma direnci gösterdiği görülür. Dönen takma uçlu kesme takımlarının en önemli özelliği olan kesme sıcaklığındaki azalma, IMI318 işlemede KTDT’nin gelişmiş performansını açıklamıştır. Serbest bir şekilde kendi eksenini etrafında dönen takma uçlu takım genellikle 200°C’ye kadar olan düşük kesme sıcaklıkları üretir. Bunun nedeni, deformasyon sırasında yapılan işte ve takımın talaş akış yüzeyindeki sürtünmede azalma olması ve böylece işleme sırasında takımın dönüşü nedeniyle kesme bölgesinden iyi ısı transferi olmasıdır. İşleme sırasında yuvarlak ucun bütün kenarının kullanımı ayrıca düşük aşınma miktarları sağlar. İşleme sırasında kesme kenarının sabit teması takım iş parçasının temas süresini önemli bir şekilde azaltır.



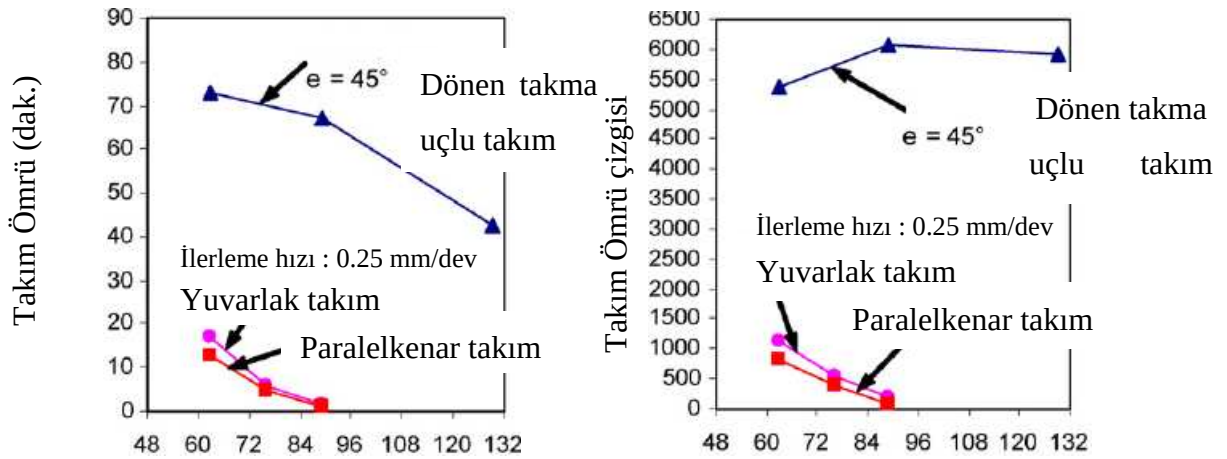
- | | |
|--------------------|----------------|
| 1. $V = 63$ m/dak | $T1 > 73$ dak. |
| 2. $V = 89$ m/dak | $T2 = 65$ dak. |
| 3. $V = 129$ m/dak | $T3 = 43$ dak. |

Şekil 5.1 Kaplanmamış karbür takımlı KTDT ile IMI 318 işlemede ortalama yan aşınma ve kesme zamanı.



Şekil 5.2 Farklı kaplanmamış karbür takımlarıyla IMI 318 işlemindeki aşınma karakteristiklerinin karşılaştırılması.

Şekil 5.3'teki V-T eğrisi, takım performansı üzerine kesme hızlarının etkisini göstermektedir. KTDT, konvansiyonel tornalama için kullanılan yuvarlak ve paralel kenar uçlara sabit bir takımın çıkabileceği maksimum hızda (89 m/dak) işlemede 60 kez daha üstün olduğu bulunmuştur. KTDT konvansiyonel takımların yapabilirliğinin ötesinde olan 129 m/dak'lık yüksek hızlarda bile 43 dakikalık takım ömrü olduğu elde edilmiştir. Şekil 5.3b'deki V-L eğrileri, KTDT için takım ömrü çizgisinin kesme hızını arttırmakla etkilendiğini göstermiş ve bunun da IMI318 işleminde büyük bir şekilde etkilenen aşınma mekanizmasıyla (Difüzyon ve plastik deformasyon) ilişkili olduğu düşünülmektedir.



a) V-T eğrisi Kesme hızı (m/dak)

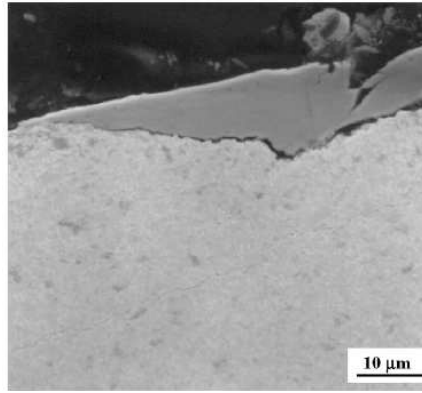
b) V-L eğrisi Kesme hızı (m/dak)

Şekil 5.3 Kaplanmamış karbür takımla IMI318 işlenmesinde kesme hızının bir fonksiyonu olarak takım ömrü ve takım ömrü çizgisi.

KTDT'nin kesme kenarında talaş birikmesi IMI318 işlenmesindeki en önemli hata olarak

görülmüştür (Şekil 5.4). İşleme sırasında kesme kenarının sürekli olarak temasta olması mekanik ve termal şok etkisini oluşturur. Döner takma uçlu takımın kesme kenarı iş parçasına giriş ve çıkışlardaki sırasıyla ısınma ve soğumalardan periyodik termal etkilere karşı koyar.

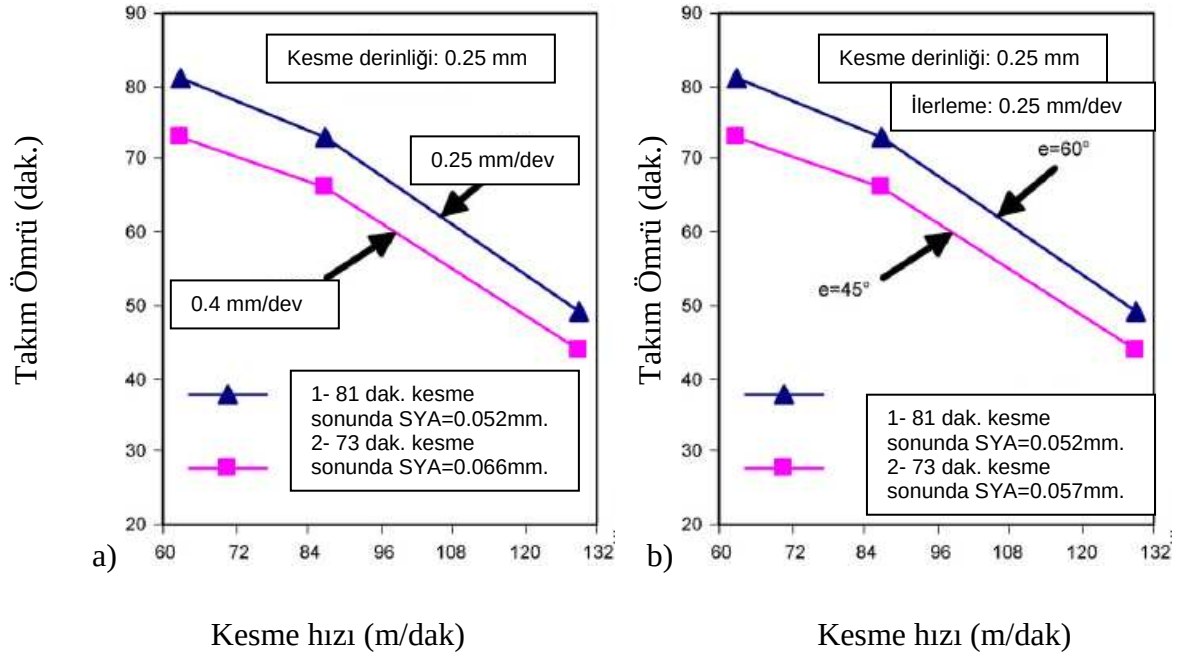
Bu termal değişimler kesme kenarında mikro çatlaklar ve buna bağlı talaş birikimi etkisine neden olan termal yorulma hatalarını tetikler. Dinamik mekanik yüklemeler döner kesme sisteminin düşük sertliğinden ve dairesel kesme kenarının eksantrikliğinden kaynaklandığı gibi gerilimlerin yükselip azalmasına neden olan tırtıklı titanyum talaş formuna neden olur. Kesme kenarına iş parçasının adezyonu (Şekil 5.4) ayrıca kesme kenarının geometrisini değiştirmeye sebep olan döner takma uçlu takımdaki talaşlaşmayı artırır.



Şekil 5.4 Dönme etkisi altında 49 dakikada IMI318'in işlenmesinden sonra 129 m/dak, 0.25 mm/dev ve 0.25 mm kesme derinliği için yıpranmış karbür ucun kesiti.

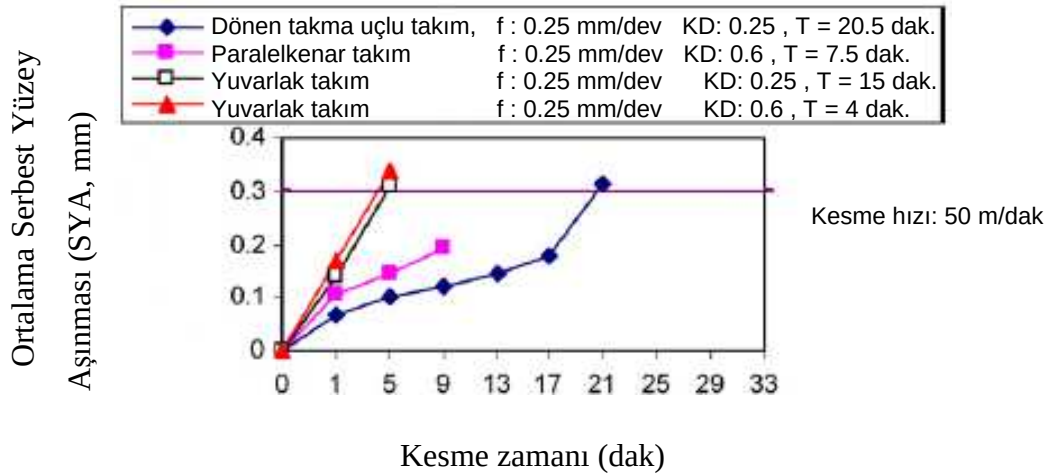
Yapışık talaşlar döner kesme boyunca takım ucuna tekrar yapışarak kesme kenarı üzerindeki takım malzemesinin parçalarından koparmaya neden olan tipik yıpranma aşınma mekanizmasıdır.

Şekil 5.5, KTDT'nin performansını ilerleme miktarının ve kesme kenarının eğim açısı açısından etkisini gösterir. Yüksek ilerleme miktarları talaşlaşma eğilimi yükselten yüksek kesme kuvvetleri ve yüksek sıcaklıklar oluşturarak düşük takım ömrüne neden olmuştur (Şekil 5.5a). Eğim açısında 45^0 'den 60^0 'e bir artış takım ömrünü artırdığı elde edilir. (Şekil 5.5b). KTDT'nin bağıl kesme hızı (V_r) $V \cos \alpha$ 'nın bir fonksiyonu ile azalırken KTDT'nin dönme hızı (V_t) kesme kenarının eğim açısının artması ile artar. Dönme hızındaki artmanın bir sonucu olarak daha düşük kesme sıcaklıkları ve bağıl kesme kesme hızları işleme sırasında performansı artırır.



Şekil 5.5 IMI318 işlendiğinde KTDT'nin ömrü üzerinde hızın, ilerleme miktarının ve eğim açısının etkisi.

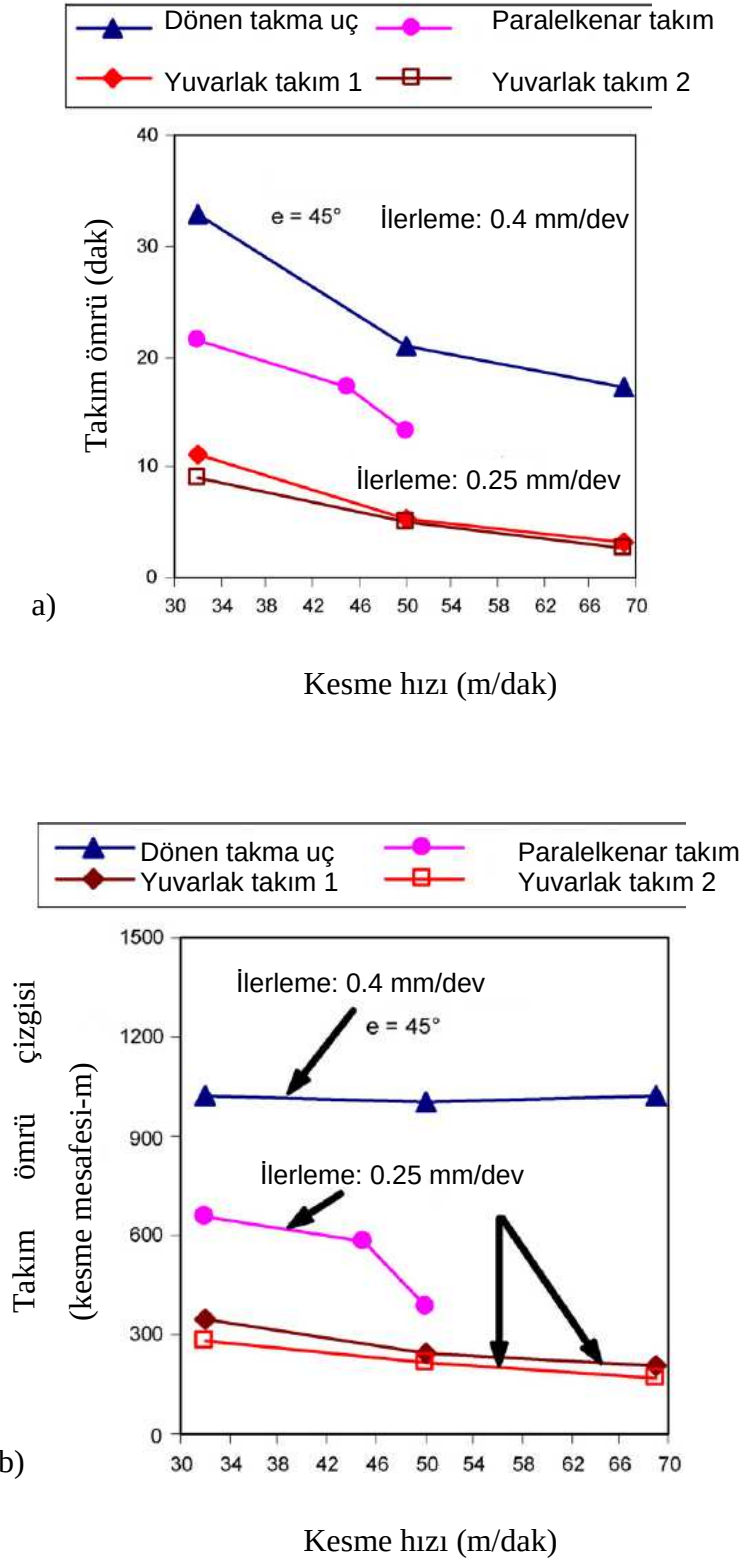
KTDT'nin serbest yüzey aşınması, nikel bazlı Inconel 718 işlenirken konvansiyonel tornalamaya göre daha düşüktür (Şekil 5.6). KTDT, konvansiyonel yuvarlak uç ve paralelkenar uçlara göre sırasıyla 3 ve 4 kat takım ömründe gelişme verir. Takım ve iş parçası arasındaki ovalama etkisinin artmasıyla Inconel 718'deki sert karbürlerin varlığı dönme sırasında birçok yıpranma ve adezyon aşınma mekanizması oluşturması beklenir.



Şekil 5.6 Kaplanmış karbür takımla Inconel 718 işlenmesinde aşınma karakteristiklerinin incelenmesi.

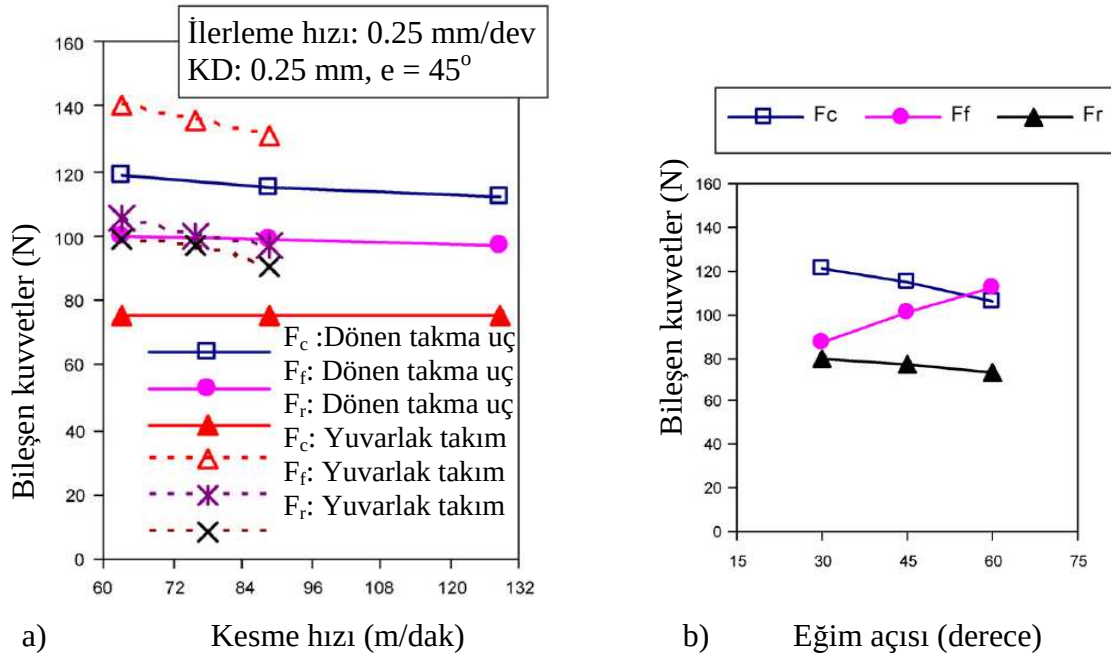
Inconel 718 işlenmesinde KTDT'nin V-L eğrisi, takım ömrü çizgisinin kesme hızının

artmasıyla sert bir şekilde etkilediğini gösterir (Şekil 5.7b). KTDT ile Inconel 718 işlendiğinde yıpranma ve adezyon aşınma mekanizması dominant etkiye sahiptir.



Şekil 5.7 Farklı kesme takımları ile Inconel718 işlenirken kesme hızının bir fonksiyonu olarak takım ömrü ve takım ömrü çizgisi.

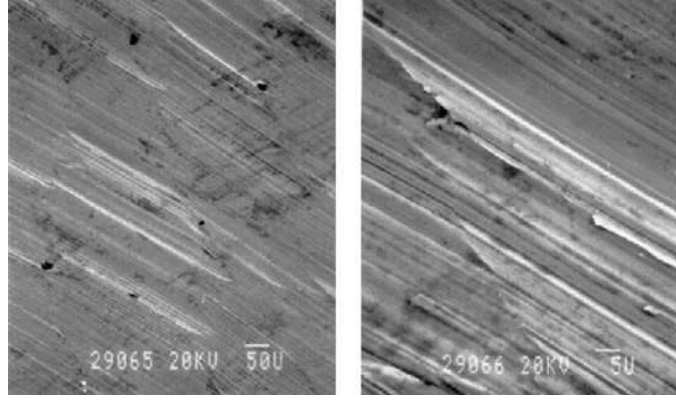
Yuvarlak uçlu takımlarla konvansiyonel tornalama sırasında kesme hızlarının artması ile kesme sıcaklığının artması ve sonuç olarak iş parçasının deformasyon direncinin azalması genel olarak kuvvetleri azaltmıştır (Şekil 5.8). KTDT ile işlemede, kesme bölgesinde düşük bağıl sıcaklıkların oluşması ve bağıl kesme hızındaki azalma nedeniyle bileşen kuvvetlere kesme hızının etkisi ihmal edilebilir. IMI318'in işlenmesinde KTDT'nin kesme (F_c) ve radyal (F_r) kuvvetleri konvansiyonel yuvarlak uçlu takımlara göre sırasıyla 15-20% ve 25-35% daha düşüktür. Bu döner kesme işleminde takımın talaş yüzünde daha düşük sürtünme ve talaş formasyonunda daha az iş yapılmasını sağlar. Eğim açılarındaki değişim bileşen kuvvetlerde de değişim ile sonuçlanır. Şekil 5.8b, yüksek dönme hızı, KTDT'nin yüksek efektif talaş açısı ve kesme yönündeki efektif uç radyüsünün azalmasını sağlayan eğim açısının artışı kesme ve radyal kuvvetlerdeki azalmayı gösterir. İlerleme kuvvetindeki (F_f) artış yüksek eğim açılarındaki ilerleme direncindeki artış ile ilişkilendirilebilir.



Şekil 5.8 KTDT ile IMI318'in işlenmesinde kuvvet bileşenleri a) $R_a = 3.2 \mu m$ ve b) $3.2 \mu m$

5.2.1.1 İşlemede Elde Edilen Yüzeyler

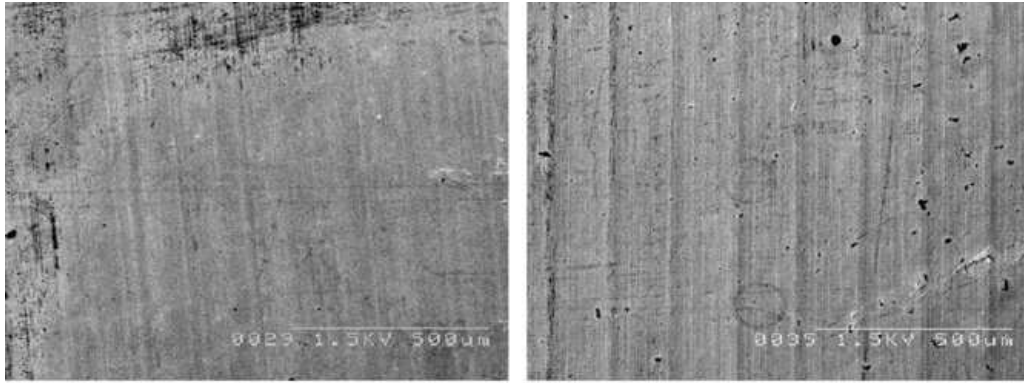
KTDT ile işlenmiş yüzeylerin tipik özelliği kesme izlerinin kesme yönüne uygun olan konvansiyonel tornalamada oluşturulan yüzeyin aksine (Şekil 5.10) kesme yönüne nominal olan (Şekil 5.9) bir açıdır (bu açıya kesme izi açısı, λ). Kesme izi açısı daima dönel sistemin sürtünmesi nedeniyle eğim açısından daha küçüktür.



a) Ra = 3.2 µm

b) Ra = 3.2 µm

Şekil 5.9 KTD ile 129 m/dak, 0.25 mm/dev ve Kesme derinliği 0.25 mm’de ($\epsilon = 60$) 47 dakika işlemeden sonra elde edilen IMI318’in yüzeyi. a) T: 24.2 dak ve b) T: 15.1 dak.

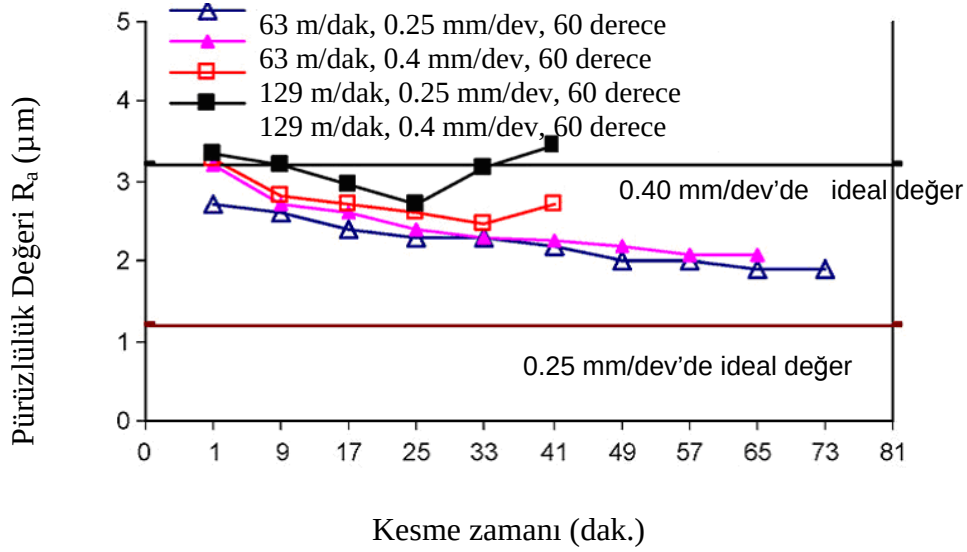


a) Takım ömrü: 24.2 dak.

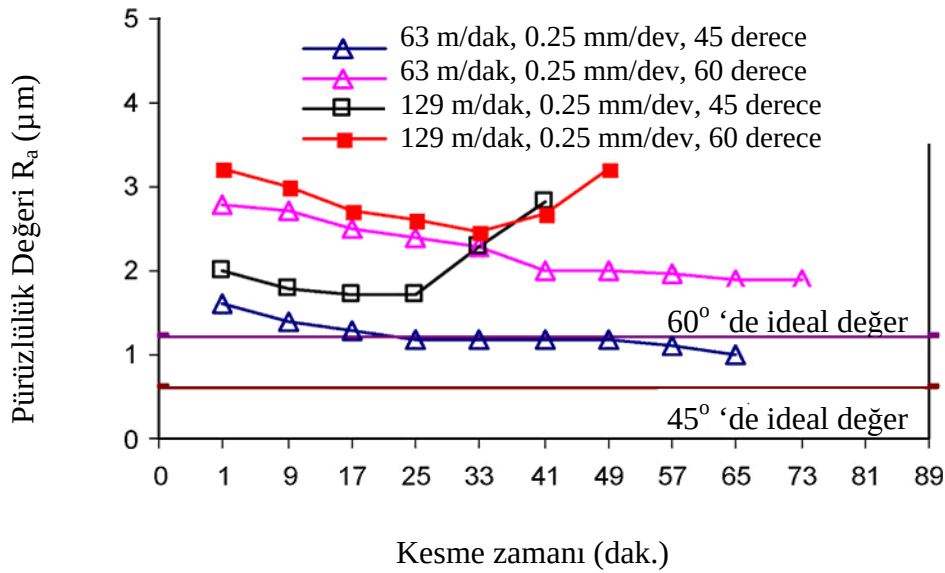
b) Takım ömrü: 15.1 dak.

Şekil 5.10 Soğutucu basıncı 203 bar, ilerleme 0.15mm/dev kullanılarak kaplanmamış karbür uç ile işlemede elde edilen yüzeyler. a) 120 m/dak b) 130 m/dak.

Yüzey finışı konvansiyonel tornalamada ilerleme hızını azaltarak önemli bir şekilde artar. Bu dönel kesmede bazı hallerde yüksek ilerleme hızlarında takım ile iş parçası arasında sürtünmeyi arttıran dönel hareket nedeniyle tersi yönde etki eder. Şekil 5.11, ilerleme hızının 0.25’ten 0.40 mm/dev’e artışı ile sadece IMI318 yüzey finişinde düz bir azalma olduğunu gösterir. İşlenen bu yüzeydeki azalma, 60° ‘tan yüksek eğim açıları ile işlemede meydana gelmiştir (Şekil 5.12). Bu, kesme takımının efektif uç radyüsünde azalmaya neden olur. Konvansiyonel tek nokta tornalama ile işlemede daha iyi yüzey finışı, çentik etkisini önemli bir şekilde azaltma ile olabileceği beklenir. KTD ile daha yüksek hızlarda işleme şartlarında belki de konvansiyonel tornalama uçları ile karşılaştırıldığında dönel kesme sistemindeki zayıf stabilize nedeniyle yüzey finişinde görünür bir artış yoktur.

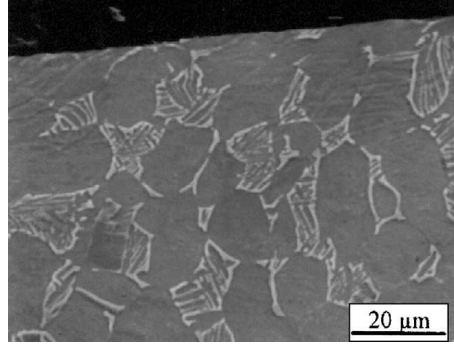


Şekil 5.11 KTDT ile işlemede yüzey pürüzlülük değeri ve kesme zamanları.

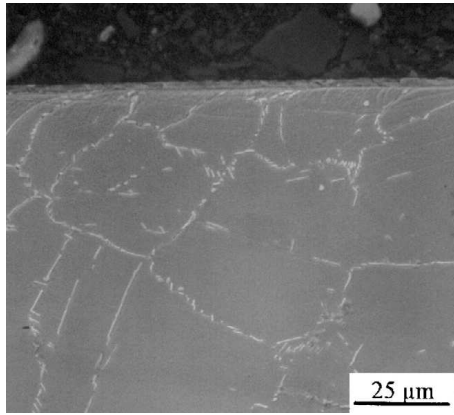


Şekil 5.12 KTDT ile işlemede yüzey pürüzlülük değeri ve kesme zamanları.

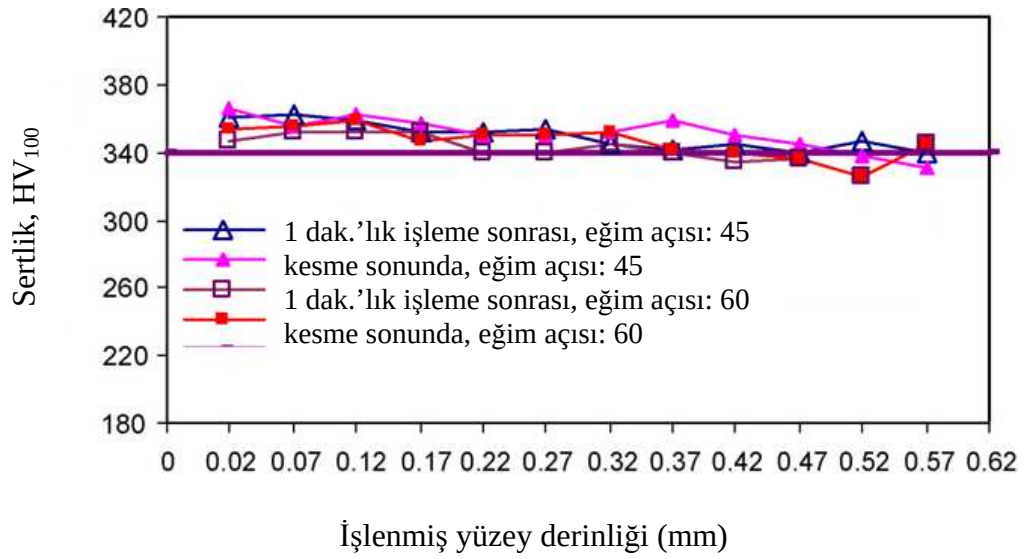
Minimum ya da sıfır yüzey değişimi dönel işlemenin temel karakteristiğidir (Şekil 5.13 - 14). Dönel işlemlerdeki düşük kesme sıcaklıkları nedeniyle işlenmiş ve alt yüzeylerde görünür bir plastik deformasyon yoktur. Şekil 5.22, işlenmiş yüzeylerde düzgün bir sertlik gösterir ve uzun süreli işleme KTDT ile IMI 318 işleminde ihmal edilebilir serbest yüzey aşınması nedeniyle işlenmiş yüzeylerin sertliğinde bir etkisi yoktur. Bu yüzden bileşen kuvvetlerde ve kesme sıcaklığında sınırlı bir artış vardır.



Şekil 5.13 Kesme hızı 129 m/dak olan KTD T ile 1 dakikalık işleme sonrası IMI318'in üst yüzey tabakası.



Şekil 5.14 50 m/dak kesme hızı, ilerleme hızı 0.25 mm/dev'de KTD T ile 21 dakikalık işleme sonrasında Inkonel mikro yapısı.



Şekil 5.15 129 m/dak kesme hızı, ilerleme hızı 0.25 mm/dev'de KTD T ile işleme sonrasında IMI318'in alt yüzey sertliği.

Dönel kesme sisteminin stabilitesi elde edilen yüzey finişine etki eder. Takım ve iş parçası arasında yapışmayı arttırdığı için yüksek ilerleme hızları ile işlemede yüzey finişinde düzgün bir bozulma meydana gelir. Eğim açısındaki azalma yuvarlak kesme takımının efektif uç radyüsünde artış sağladığı için yüzey finişinde gelişme sağlar.

5.2.2 Uzak Alışmalarının KTD ile İşlenmesinde Elde Edilen Yüzey Kalitesi ve Takım Performansı Çalışması

H. A. Kiahawy, C.E. Bezce ve D.G. McIntosh çalışmalarında, kendinden tahrikli dönen takma uçlu takımlarla vaspaloy (nikel bazlı süper alaşım) ve titanyum alaşımlarının işlenmesi sırasında takım performansını ve işlenmiş yüzey kalitesini değerlendiren bir deney yapmışlardır. Farklı uç çaplarında ve malzeme/kaplamalarda yeni bir döner takım tasarımı gerçekleştirilmiştir. Takım performansının hesaplanmasındaki kriter takım aşınması çeşitleri ve işlenmiş yüzeydeki pürüzlülük olmuştur. Kendinden tahrikli dönen takma uçlu takımın performansı açıları da dahil aynı çaplı diğer konvansiyonel takımlarla karşılaştırılmıştır. Bu deneyin sonuçları kendinden tahrikli dönen takma uçlu takımların kullanıldığı uzak alışmalarının yüksek performanslı işlenmesi için en uygun ve güvenli kesme koşullarını tanımlamada kullanılmıştır.

24° eğim açılı kendinden tahrikli dönen takma uçlu takımlar ile nikel bazlı süper alaşımların ve titanyum bazlı alaşımların kullanıldığı iş parçaları üzerinde işleme testleri yapılmıştır. İş parçaları olarak Ti6Al4V sıcak dövme disklerden 230 mm çapında ve nikel bazlı süper alaşımlardan (Vaspaloy) da 130 mm çapında dövme diskler kullanılmıştır. Çizelge 5.2, kullanılan bu malzemelerin özelliklerini ve bileşimlerini gösterir.

Bu araştırmada 12 ve 19 mm. çapında dairesel uçlar kullanılmıştır. Karbür ve mikro karbür kaplı iki tip kesme takım malzemesi kullanılmıştır. Kesme hızları 40 ve 120 m/dak aralığındadır. Finiş operasyonları yapılırken 0.2 mm'lik kesme derinliği sabit tutulmuştur. Göreceli olarak 0.2 – 0.5 mm/dev'lik yüksek ilerleme hızları kullanılmış fakat, büyük çaplı kesme takımları büyük talaş kaldırma oranları sayesinde uygun yüzey pürüzlülükleri sağlamıştır. Her bir kesme sonrasında takım gövdesi aşınması ($V_{b_{max}}$) için ucun çevresinden yaklaşık olarak eşit uzaklıkta dört noktadan ölçüm yapılır. Ölçümler bir takım mikroskobu kullanılarak yapılmıştır. Bu değerler sonra takım aşınmasını ortalamasını elde etmek için kullanılır. Kesme kuvvetleri üç boyutlu kuvvet dinamometresi kullanılarak ölçülmüştür. Ayrıca, yüzey pürüzlülüğü ölçümleri Mitutoyo SJ-201 yüzey pürüzlülük aleti kullanılarak

yapılmıştır. Bir elektron tarama mikroskobu kesme sırasında oluşan takım hataları ve talaş modlarını analiz etmede kullanılmıştır.

Çizelge 5.1 Ti6A14V ve Vaspaloy kimyasal bileşimi.

Ti6A14V	Bileşim
Ti	Balans
Al	6
V	4
Fe	0.25
C	0.08

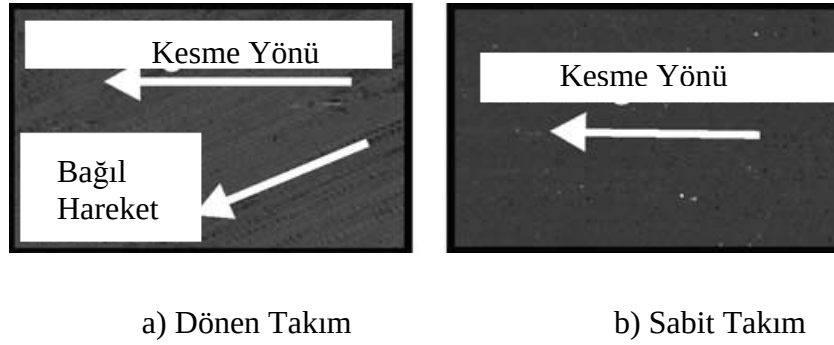
Vaspaloy	Bileşim
Ni	Balans
Cr	19
Co	13
C	0.005
Ti	3
Al	1.4
Mo	4.25
B	0.007
Zr	0.1
Mn	0.05

Çizelge 5.2 Ti6A14V ve Vaspaloy için fiziksel ve mekanik özellikler

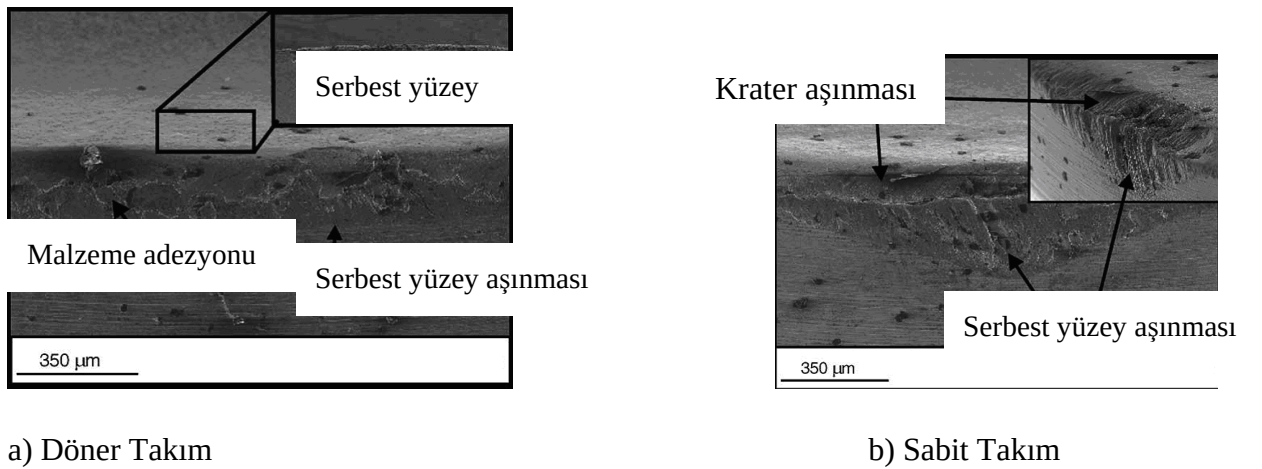
	Yoğunluk (gr/cm ³)	Çekme Sertliği (MPa)	Elastisite modülü (GPa)	Sertlik (HRC)
Ti6A14V	4.42	897	114	36
Vaspaloy	8.19	1103	211	34 – 40

5.2.2.1 İşlemede Elde Edilen Yüzeyler

İşlenmiş bir yüzeyin karakteristiğinde takım dönüşünün etkisini açıklamak için dönen takımlardan birinin dönme elemanı sınırlandırılmıştır. Şekil 5.16a ve b sırasıyla dönen takma uçlu takımın ve sabit takımın 0.5 mm/dev, $V = 65$ m/dak ve 0.2 mm. kesme derinliğinde nikel bazlı süper alaşımları için işlenmiş yüzeylerin resimlerini gösterir. Beklenildiği gibi her iki durumda, 19 mm. gibi büyük uç çapları 0.5 mikrometreden daha az yüzey pürüzlülüğü sağlamıştır. Ek olarak, iki yüzey arasında detaylı bir karşılaştırma yapıldığında takımın dönüş hareketi işlenmiş yüzeyin topografyasını etkiler. Dönen takma uçlu takımla işlenmiş yüzeydeki eğim açısına eşit açıda bir sabit takımla işlenmiş bir yüzeyde kesme yönünde kesme takımından kaynaklanan kanallar bulunmuştur. Benzer gözlemler Chen tarafından alüminyum kompozitlerini işleme sırasında da rapor edilmiştir. Bu, efektif kesme hızını dikkate alarak açıklanabilir. Takımın bir dönüşünün sonucu olarak efektif kesme hızı, takımın dönme hızı, V_t ve iş parçasının hızı, V_w 'nin bir vektör toplamıdır.



Şekil 5.16 Vaspaloy yüzeyi üzerinde takım dönüşü etkisi. $V = 65$ m/dak., $f = 0.5$ mm/dev, $d = 0.2$ mm.



$V = 105$ m/dak $f: 0.03$ mm/dev kesme derinliği: 0.2 mm

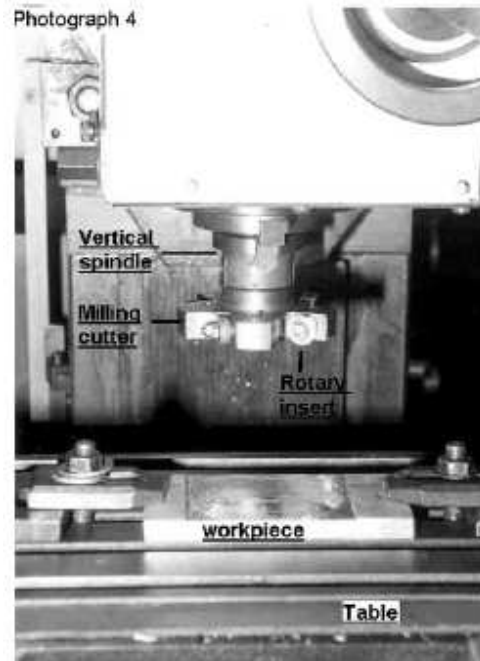
Şekil 5.17 Titanyumu işleme sırasında sabit ve döner uç için takım aşınma çeşitlerinin resimleri.

5.2.3 Freze Tezgahında Dönen Takma Uçlu Takımla İşleme

Uday A. Dabade, S.S. Joshi, N. Ramakrishnan, freze işleme tezgahında bu iş için tasarlanmış ve imal edilmiş kendinden tahrikli dönen takma uçlu takıma sahip bir alın freze kullanarak kesme işleminin analizini yapmışlardır (2002). İstatiksel olarak tasarlanmış deneyler, ana değişkenler olarak yüzey pürüzlülüğünü Taguchi metodunu kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Deneysel analizlerin sonuçları temel analiz ve değişkenlerin analizini detaylı olarak tartışmışlardır. Eğim açısının hem yüzey pürüzlülüğüne hem de talaş kesit alanına etki eden en önemli faktör olduğu ve en iyi sonucun $30-40^0$ aralığında verdiğini gözlemlemişlerdir.

5.2.3.1 Freze Kesicisinin Tasarlanması ve İmalatı

Kesici 2 mm. kesme derinliğine sahip işleme kabiliyeti ile tasarlanmış ve imal edilmiştir. Dönebilen bir yatak; tasarım INA HK0810B kesici gövdesi üzerine uç tutucu düzeneği seçilmiştir. Freze takımı, standart adaptör kullanılarak dikey işleme tezgahına monte edilmiştir. Deneysel düzeneğin fotoğraflandırılması Şekil 5.18’ de gösterilmiştir.



Şekil 5.18 Deney düzeneği.

Kendinden tahrikli takma uçlu bir alın freze takımı üç ana parçadan oluşur : kesici gövde, uç tutucu düzeneği ve kesici tutucu düzeneğidir. Kesicinin detaylı özellikleri Çizelge 5.4’ de verilmiştir.

Çizelge 5.4 Kesme Parametreleri

Kesici Takım	Kesici parametreleri	Özellik
1	Kesici çapı	110 mm
2	Kesme malzemesi	Karbon çelik C20
3	Kesici uç sayısı	5
4	Kesici gövde çapı	27 mm
Uç tutucusu		
5	Şafta bağlı uç çapı	8 mm
6	Uç çapı	20 mm
7	Uç malzemesi	Karbür
8	Döner takım eğim açısı	20 °, 30 °, 45°
Kesme tutucu düzeni		
9	Freze adaptörü	21 mm yükseklik x 27 mm çap, mors sivri şaft

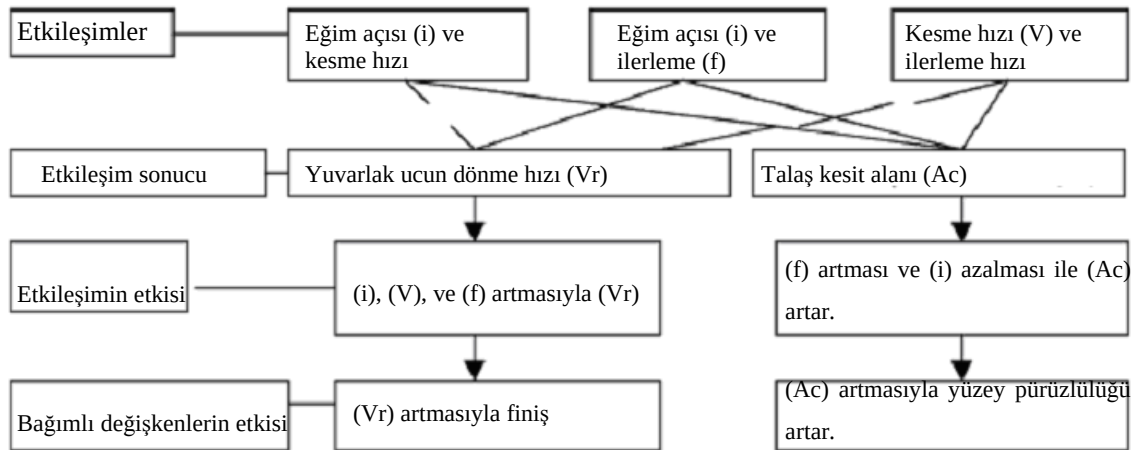
5.2.3.2 Çalışmadaki Deney Dizaynı

Alın frezeleme esnasında oluşan yüzey pürüzlülüğü ve talaş kesit alanı bağımlı değişkenler olarak alınır. Yüzey pürüzlülüğü kesme yönüne bağlıdır. İlerleme yönünde yüzey pürüzlülüğü ve ilerleme yönüne zıt yüzey pürüzlülüğü dikkate alınmıştır. Bu deney için seçilen farklı kontrol parametreleri, bunların seviyeleri, etkileşimleri ve serbestlik derecesi Çizelge 5.5'te verilmiştir.

Çizelge 5.5 Kontrol parametreleri, seviye ve etkileşimleri

Parametreler	Serbestlik Derecesi, SD	Deney 1	Deney 2	Deney 3
A) Eğim açısı ($^{\circ}$)	2	20	30	45
B) Kesme hızı (m/dak)	2	70.68	141.37	282.74
C) İlerleme hızı (mm/dev)	2	0.08	0.16	0.32
D) Kesme derinliği (mm)	2	0.25	0.50	1.00
AB, AC, BC etkileşimi	$[(3-1) \times (3-1)] \times 3 = 12$			
Toplam SD	20			

Bu dört bağımsız faktör birbirleri ile etkileşim içerisinde. Bu faktörlerin bağımlı değişkenler üzerine etkisi daha güçlü ve daha zayıf olarak ayrı ayrı etki eder. Bu dört faktör, eğim açısı, kesme hızı ve ilerleme hızı birbirleriyle takma ucun dönüş hızı ve talaşın kesit alanı nedeniyle büyük bir etkileşim içerisinde. Şekil 5.19' de bu etkileşimler gözükür.

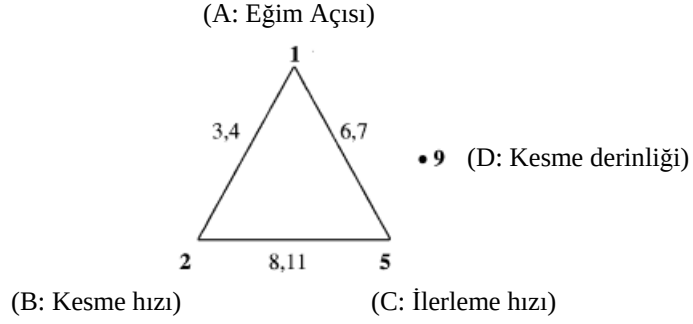


* Eğim açısındaki artış talaş uzunluğu boyunca birçok plastik deformasyona neden olur.
(_____ güçlü etkileşim - - - zayıf etkileşim)

Şekil 5.19 Etkileşimlerin seçimi için bir fikir (Kriter : yüzey pürüzlülüğü).

Farklı faktörlerin ve etkileşimlerin bu ortogonal düzene göre dağılımı Şekil 5.20'de düzgün

çizgilerle gösterilmiştir.



Şekil 5.20 Lineer grafik.

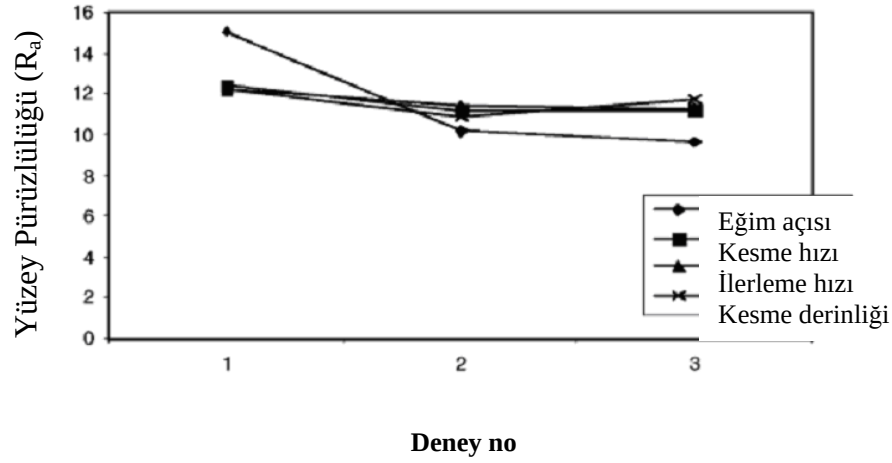
Deneyler kendinden tahrikli dönen takma uçlu alın freze kesicisi kullanarak tasarım detayları ile gerçekleştirilmiştir. Bir dikey işleme tezgahı bu amaç için kullanılmıştır. İşleme için 150 mm x 75 x 12 mm boyutlarında alüminyum plakalar kullanılmıştır. 54 deney gerçekleştirilmiştir. Yüzey pürüzlülüğünün ölçümü Taylor Hobson SURTRONIC-3 yüzey pürüzlülüğü ölçüm aleti ile olmuştur. Genel takım radyüslerine göre (0.8 mm) oldukça büyük olmasıyla yüzey pürüzlülüğünün ölçümü için kesme uzunluğu 2.5 mm seçilmiştir. Yüzey pürüzlülüğünün en az 4-5 ölçümünde ölçümün ortalama değerleri alınmış ve bağımlı değişken olarak kullanılmıştır.

5.2.3.3 Bu Çalışmada Elde Edilen Sonuçlar

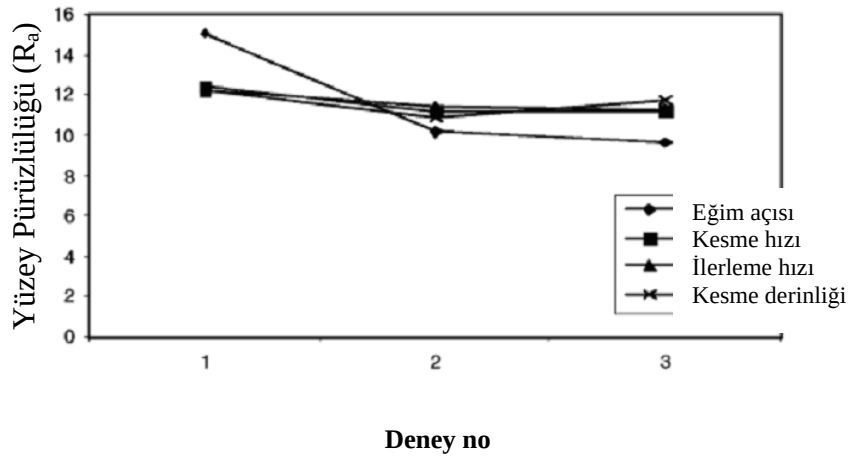
Araştırmacılar, tablolardan bağımsız değişkenlerin 1 ve 3 deneylerindeki değişimlerinden bağımlı değişkenler hesaplamışlardır. Aynı sonuçlar ayrıca tablolar halinde çizdirmişlerdir. Bu analizde, yüzey pürüzlülüğü için ilgili tablolar Şekil 5.21’de gösterilmiştir.

Değişkenlerin analizi bütün temel faktörlerin ve etkileşimlerinin önemini ana hedefleri karşılaştırarak belirli seviyelerde deneysel hataların hesaplanmasına göre test etmede yardımcı olur.

Eğim açısı Deney 1’den (20) Deney 2’ye (30) değiştiğinde ilerleme boyunca ölçülen yüzey pürüzlülüğünde önemli bir gelişme söz konusudur. Bu gelişme Deney 2’den (30) Deney 3’e (45) eğim açısının değişmesinde görülmemektedir (Şekil 5.21). Benzer olarak, ilerleme yönüne zıt yüzey pürüzlülüğünün ölçümünde ayrıca aynı eğilim görünmüş ancak, eğim açısının 30⁰’dan 45⁰’e değişimde yüzey pürüzlülüğünde küçük bir görülmüştür (Şekil 5.22).



Şekil 5.21 İlerleme yönü boyunca yüzey pürüzlülüğü R_a (μm) için temel etki eğrisi.



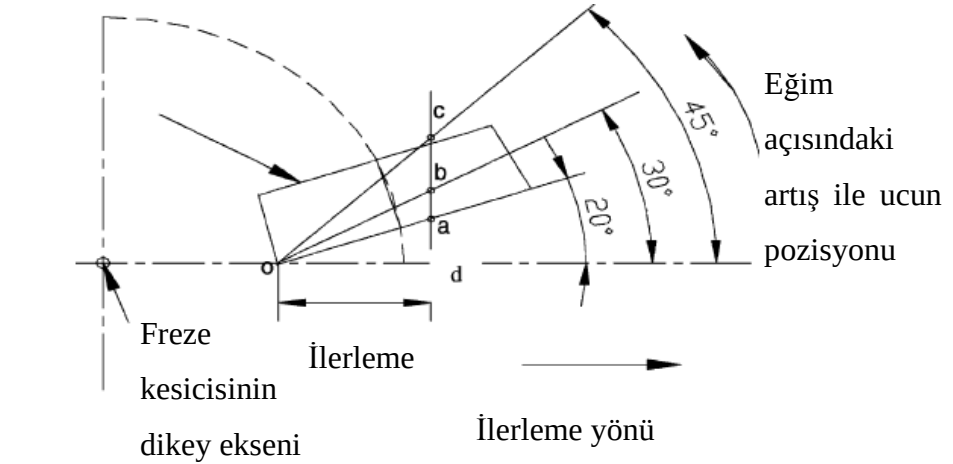
Şekil 5.22 İlerleme yönüne zıt yönde yüzey pürüzlülüğü R_a (μm) için temel etki eğrisi.

Şekil 5.23’de gösterilen eğim açısının etkisinin konsept modeli eğim açısının artışı ile takma uçun ve iş parçasının arasındaki temas uzunluğu ilerleme miktarına eşit bir artış gösterir. Bu yüzden Şekil 5.6, üç eğim açısı sırasıyla 20° , 30° ve 45° için temas uzunluğunun oa , ob ve oc değişimini gösterir.

Şekil 5.23’e göre oad üçgeninde,

$$\cos(i) = \text{ilerleme} / \text{temas uzunluğu} \quad (5.1)$$

i , eğim açısıdır. Bununla birlikte, temas uzunluğunun artmasıyla takma uçun efektif radyüsü de artar. Yüzey pürüzlülüğü takım uç radyüsüne göre tersine oranda orantılı olduğu bilinir. Bu yüzden, eğim açısındaki bir artış efektif uç radyüsünü arttırdığı için kendinden tahrikli dönen takma uçlu takımlarla frezeleme operasyonlarında yüzey pürüzlülüğünü geliştirir.

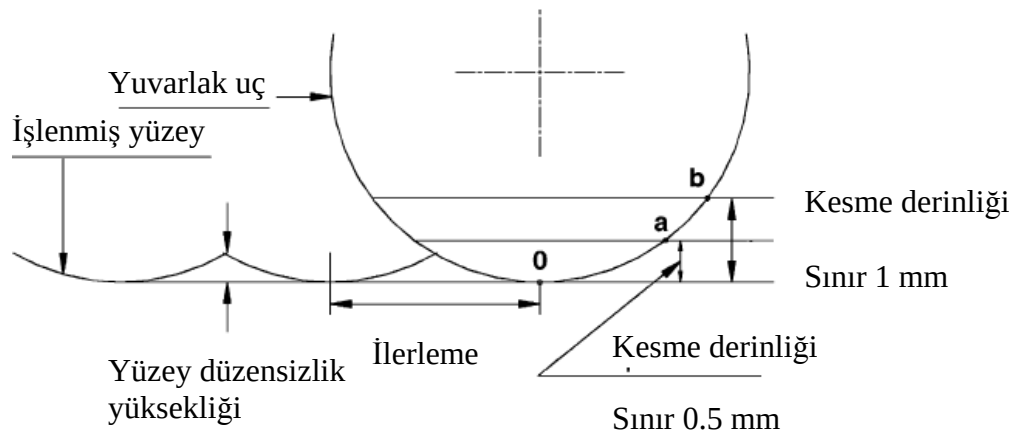


Şekil 5.23 Değişik eğim açılarındaki temas uzunluğu modeli.

Şekil 5.21 ve 5.22'deki temel etki çiziminden kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliğinin her iki yöndeki ölçümlerde yüzey pürüzlülüğüne önemli bir şekilde etki etmediği görülür.

İlerleme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi ilerleme hızı ve yüzey pürüzlülüğü arasındaki geleneksel ilişkiden ayrılmasıyla birlikte ilerleme hızlarının bağıl olarak birbirine yakın seviyelerde seçilmesine neden olmuştur.

Kesme derinliğinin etkisi Şekil 5.24'de de gösterilen yüzey düzensizliği modelinden yardım olarak açıklanabilir. Modelden elde edilen bir sonuç olarak kesme derinliğindeki bir değişim direkt olarak yüzey düzensizliğinin yüksekliğinde bir değişime ve böylece yüzey pürüzlülüğüne katkıda bulunmaz. Önceden, kesme derinliğindeki bir artışın işleme sırasında titreşime neden olacağı ve buna bağlı olarak yüzey pürüzlülüğüne etki edeceği düşünülürdü. Bu yüzden, bu deney için tasarlanmış freze kesicisinin seçilen kesme derinliklerinde güvenli bir şekilde kullanıldığını belirtmek gerekir.



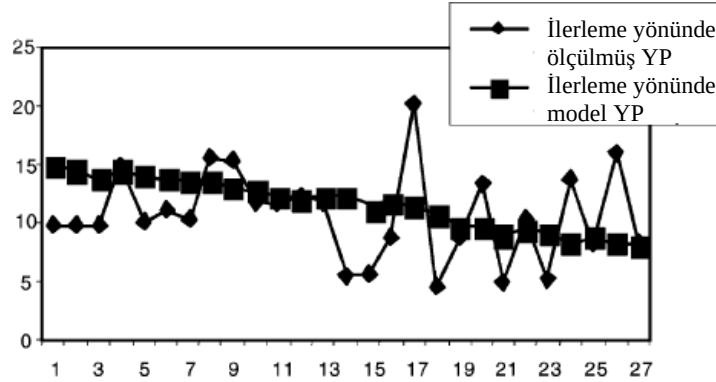
Şekil 5.24 Yüzey pürüzlülüğü üzerine kesme derinliğinin etkisi için model.

Çoklu regresyon analizini kullanarak yüzey pürüzlülüğü için (YP) istatistiksel model

geliştirilmiştir. Bağımlı değişkenlerle ve buna bağlı bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi veren model:

$$YP (R_a, \mu m) = 19.5943 - 0.20142i - 0.004693v - 3.4025f - 0.3589d \quad (4.3)$$

Burada, i eğim açısı, v kesme hızı, f ilerleme hızı ve d kesme derinliğidir. Yüzey pürüzlülüğü için regresyon modelini önceden tahmin için kullanarak deneysel sonuçların bir karşılaştırılması Şekil 5.25'te gösterilmiştir.



Standart Deney sayısı

Şekil 5.25 İlerleme yönü boyunca önceden tahmin edilen ve ölçülen yüzey pürüzlülüğü (R_a μm) karşılaştırılması.

İstatiksel sonuçlar yüzey pürüzlülüğünün eğim açısından önemli bir şekilde etkilendiğini göstermiştir. Eğim açısındaki bir artış yüzey pürüzlülüğünü azaltmaktadır. Bu yuvarlak ucun kesme kenarının ve iş parçasının arasındaki temas uzunluğunun artması ile gerçekleşir.

Bu çalışmada, dönen takma uçlu freze takımlarında 30° ve 45° arasındaki eğim açısında bir alın freze kesicisi daha iyi yüzey finiş kalitesi ve düşük kesme derinliğinde alın frezesine uygun bir alternatif sağladığı elde edilir.

6. KENDİNDEN TAHRİKLİ DÖNEN TAKMA UÇLU TAKIMLARLA TORNALAMA İŞLEMİNDE KESME PARAMETRELERİNİN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

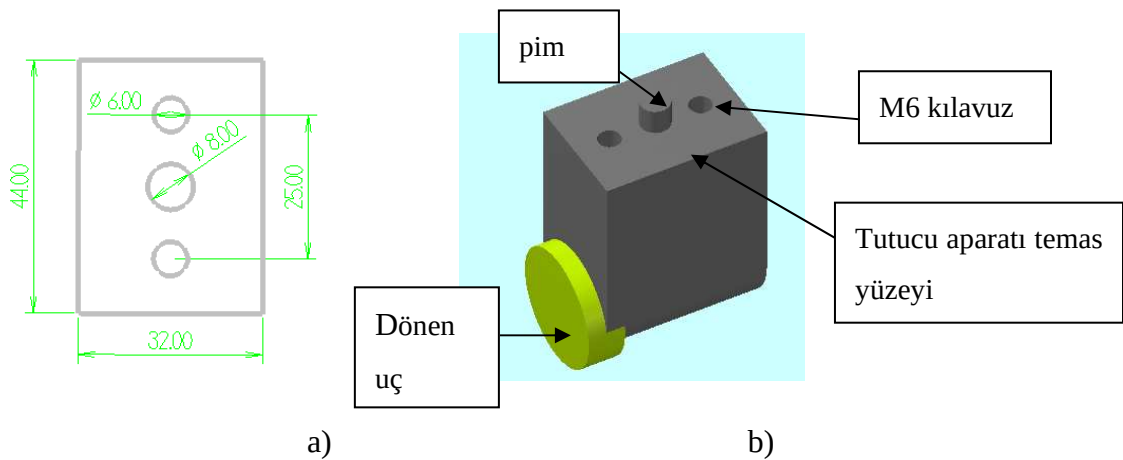
6.1 Giriş

Bu çalışmada, kendinden tahrikli dönen takma uçlu takım ile tornalama işleminde farklı kesme parametrelerinin işlenmiş yüzey üzerindeki pürüzlülük değerlerinin analizi yapılacaktır. Bunun için daha önceden Yıldız Teknik Üniversitesi'nde tasarlanıp imal edilen takma uçlu dönen takım kullanılacaktır. Ancak, bu takımı kullanabilmek için yine YTÜ'ndeki Goodway CNC torna tezgahının taretine uygun tutucu aparatı imalatını yapmak gerekmektedir. Tasarım ve imalat için Mastercam CAD/CAM programının X2 versiyonu kullanılmıştır.

Kesme parametreleri kesme hızı, ilerleme hızı, takım talaş açısı ve eğim açısıdır. Bunlardan kesme hızı ve ilerleme hızı tezgahtan ayarlanacaktır. Takım talaş açısı ve eğim açısı ise imali yapılacak tutucu aparatının tasarımında belirlenecektir. Deney çalışması boyunca kesme derinliği 0.25 mm. olarak sabit tutulacaktır.

6.2 Tutucu Aparatı Tasarımı ve İmalatı

Daha önce yapılan kendinden tahrikli dönen takma uçlu takım Şekil 6.1'de gösterilmiştir. İmalatı yapılacak tutucu aparatı, hem daha önceden var olan bu takma uçlu dönen takım konstrüksiyonuna hem de CNC torna taretine uygun, düzenli kesmeyi sağlayacak şekilde montesi düşünülerek tasarlanmalıdır.

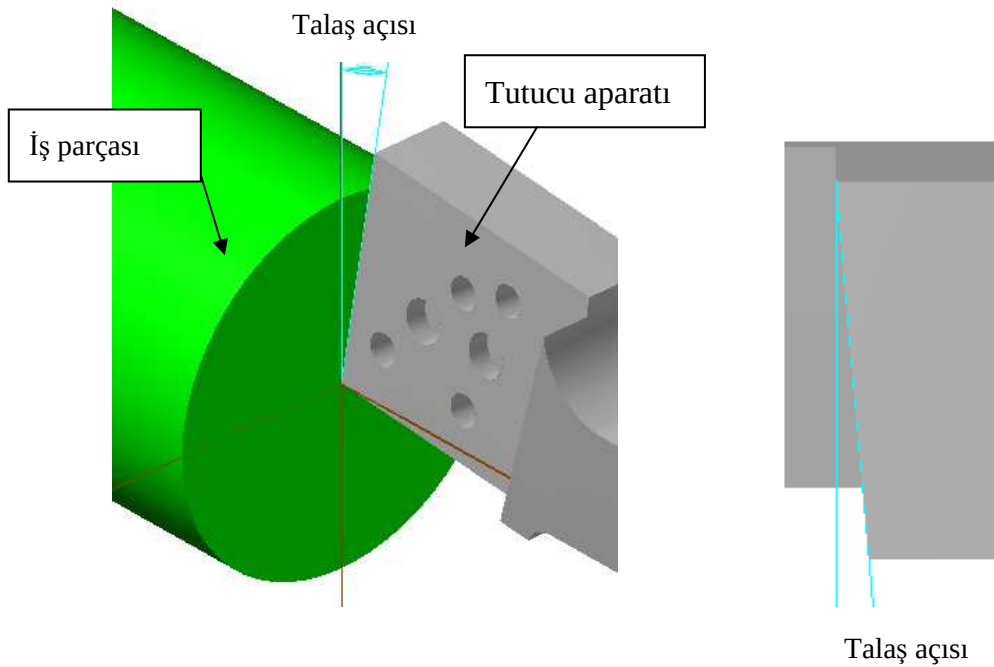


Şekil 6.1 Var olan kendi ekseninde dönen takma uçlu takım a) tutucu aparatı temas yüzeyin teknik resmi b) katı modeli.

Dönen takma uçlu takıma tutucu aparatına bağlanması için 2 adet M6 kılavuz ve sabitleme amacıyla 8 mm çapında ve 7 mm uzunluğunda bir pim vardır. Dönen takma uçlu takımın tutucu aparatı yüzeyiyle temas ettiği yüzeyin ölçüleri 32 x 44 mm'dir. Dolayısıyla imal edilecek aparatın bu yüzeyi M6 iki civatanın ve 8 mm çapında ve en az 7 mm derinliğindeki bir pimin girebileceği şekilde olmalıdır.

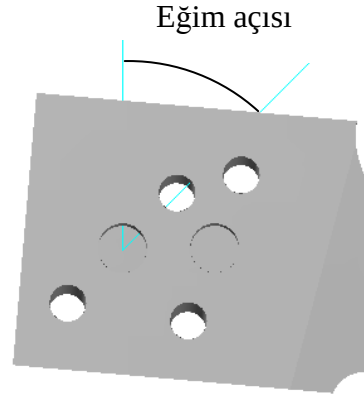
Bu temas yüzeyi, kesme parametrelerinden eğim açısının ve takım talaş açısının oluşturulması açısından çok önemlidir. Takım talaş açısı, iş parçası eksen çizgisine dik eksenle tutucu aparatı yüzeyi arasındaki açıdır. Bu açı 0° olduğunda bu iki yüzey birbirine paraleldir.

Bu çalışmada talaş açısı 0° ve -5° olarak belirlenmiştir. Şekil 6.2'de bu çalışmada kullanılacak -5° 'lik talaş açısı gösterilmiştir.



Şekil 6.2 Bu çalışmada kullanılacak talaş açısının (-5° ve 0°) CAD programından yararlanılarak gösterimi.

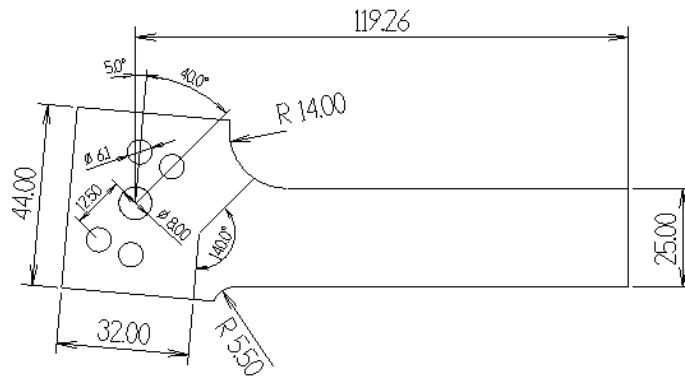
Yüzey pürüzlülük analizinde kullanılacak kesme parametrelerin eğim açısının tutucu aparatı üzerindeki gösterimi Şekil 6.3'tedir. Bu çalışma için eğim açıları 20° , 30° ve 45° olarak belirlenmiştir. Bu açıların sağlanması için farklı konstrüksiyonda aparatlar düşünülmüştür. Bir aparat 5° ve 45° ; diğer aparat da 10° ve 30° eğim açlarına sahiptir. Ön talaş kaldırma deneyleri sonucu 5° ve 10° eğim açılarında kullanılan aparatların bu takım için çalışmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu yüzden 20° 'lik eğim açısına sahip bir tutucu aparatı daha imal edilmiştir.



Şekil 6.3 Bu çalışmadaki tutucu aparatı üzerindeki eğim açılarının CAD programından yararlanılarak gösterimi.

Tutucu aparatlarının tasarımında dikkat edilmesi gereken bir husus da tezgah taretine tutturulması için aparatın sap kısmının yeterli uzunlukta olması gerekliliğidir. Standart konvansiyonel sabit torna kalemlerinde olduğu gibi bu takımda da sap kısmı 25 x 25 kesit alanında tasarlanmıştır. Rijitliği arttırmak için temas yüzeyinin kalınlığı artırılmış ve bu yüzeyle ile sap kısmı arasında belirli bir radyüs formu verilmiştir.

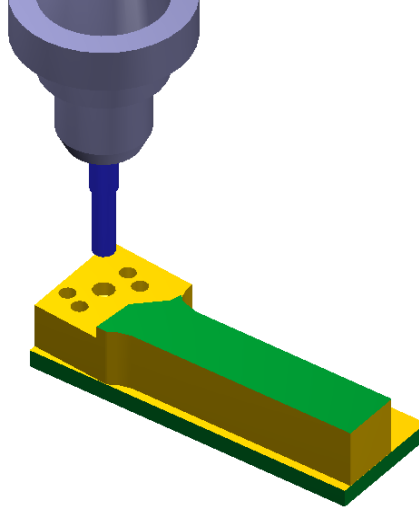
Geometri ve tasarım gereği bu açılar farklı tutucu aparatları yapılarak elde edilmiştir. Bu aparatların imalatı için önce Mastercam’de modellemesi yapılmış, daha sonra aynı programda NC kodları elde edilmiştir. İlk önce talaş açısı 0° olan aparatlar yapılmıştır. Şekil 6.4’te, 0° talaş açısında 5° ve 45° ’ye sahip eğimli açılardaki tutucunun teknik resmi görülmektedir.



Şekil 6.4 5° ve 45° eğim açılı tutucu aparatının teknik resmi.

Tutucu aparatı, 4140 takım çeliğinden 140 x 50 mm’lik kütükten boşaltılarak elde edilmiştir. Parçadan öncelikle bir üst yüzey için temiz paso alınmıştır. Mastercam programında, önce dış profili elde etmek amacıyla kontur takım yolu yapılmıştır. Burada 25 mm’lik takma uçlu freze

kullanılarak 25 mm derinliğe inilmiştir. Daha sonra eğim açısının verildiği dönen takma uçlu takım ile temas edecek yüzey kısmı 5 mm derinliğe inilerek yapılmıştır. Son olarak M6 delikleri ve pim için yuva matkaplama ile elde edilmiştir (Şekil 6.5). Mastercam’de yapılan operasyonlar kontrol ünitesi Fanuc MXP200i olan tezgahlara uygun post üreticisinden geçirilerek CNC frezenin işlemesi için gerekli kodlar elde edilmiştir (Şekil 6.6).



Şekil 6.5 Mastercam programında parçanın işlenmesi için gerekli operasyonların yapılması sonucu katı simülasyon.

```

%
O0001
  (PROGRAM NAME - YENI-TAKIM2 )
  (Program by Ahmet Arıtaşı
  (DATE=DD-MM-YY - 12-08-08 TIME=HH:MM - 22:50 )
N1 G21
N2 G05.1Q0
N3 G0 G17 G40 G49 G80 G90
  ( TOOL - 1 DIA. OFF. - 1 LEN. - 1 DIA. - 25. )
N4 T1 M6
N5 G05.1Q1
N6 G0 G90 G54 X-106.157 Y-10.023 S3000 M3
N7 G43 H1 Z100. T2
N8 M8
N9 Z5.
N10 G1 Z-.5 F250.
N11 X-101.163 Y-10.46 F1200.
N12 G3 X-92.577 Y-7.17 R10.5
N13 G1 X0.
N14 G3 X10.5 Y3.33 R10.5
N15 G1 Y27.33
N16 G3 X0. Y37.83 R10.5
N17 G1 X-82.592
N18 G2 X-86.035 Y41.955 R3.5
N19 G3 X-95.452 Y54.289 R10.501
N20 G1 X-100.492 Y54.73

```

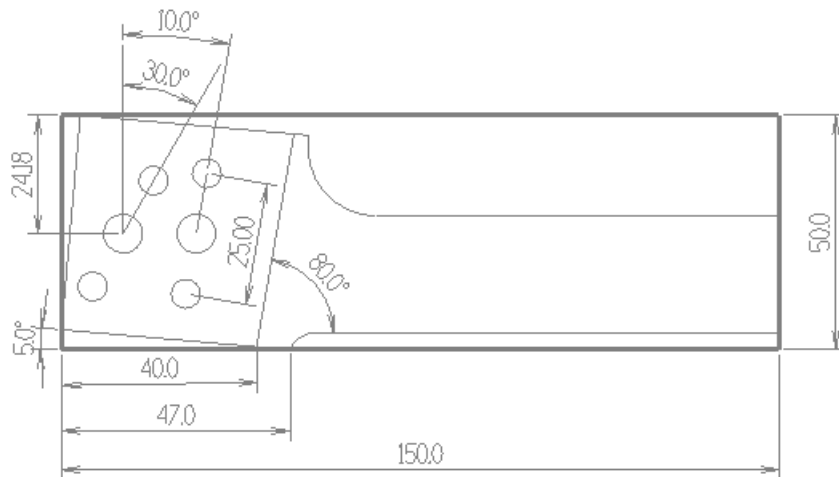
Şekil 6.6 Tutucu aparatını elde etmek için gerekli kodların bir kısmı.

Parça üç eksenli CNC frezeyle alttan mengene ile bağlanmıştır. Bu yüzden parça tek seferde elde edilememiş; ikinci bir bağlama yapılarak parçayı ters çevirip ilk tarafta mengenenin tuttuğu ve kesme yapılmayan kısmı üst yüzey temizleme ile alınarak parçanın son hali oluşmuştur. Toplam işleme süresi bir saat, hazırlık zamanları ile birlikte bir tutunun son hali iki saat sürmüştür.



Şekil 6.7 5° ve 45° açılara sahip aparatın gerçek görüntüsü.

10° ve 30° eğim açlarına sahip ikinci tutucu aparatı ile 5° ve 45° eğim açlarına sahip tutucu aparatı için aynı özellikleri olan fakat farklı bir tasarım düşünülmüş ve bu kapsamda parçalar imal edilmiştir. Şekil 6.8’de diğer aparatın teknik resmi, Şekil 6.9’da ikinci bağlama öncesindeki görüntüsü görülmektedir.



Şekil 6.8 10° ve 30° eğim açlarına sahip tutucu aparatının teknik resmi.

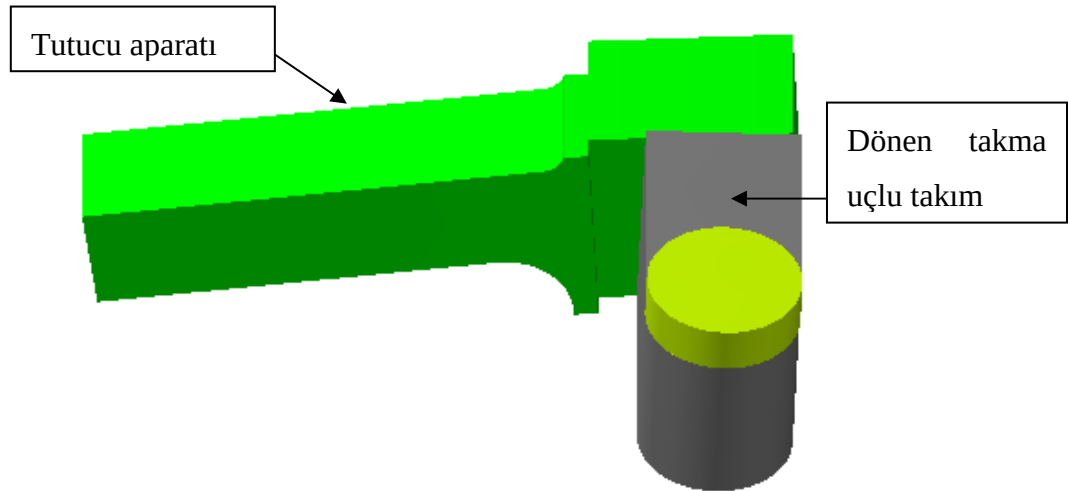
İmalat için yine Mastercam CAD/CAM programı kullanılarak benzer operasyonlar

yapılmıştır.



Şekil 6.9 10^0 ve 30^0 eğim açlarına sahip tutucunun işlemede ilk bağlama sonrasındaki görünüşü.

Buna göre imalat öncesindeki tutucu aparatın ve dönen takma uçlu takım konstrüksiyonunun montaj tasarımı Şekil 6.10'da gösterilmiştir. Burada deneyde kullanılacak takım, gerekli eğim açıları, M6 deliklerin birbirine göre konumu, yeterli rijitlik ve tutucunun tarete bağlandığı kısım dikkate alınarak CAD modelde uygunluğu görülüp tasarlanmış, daha sonra buna göre imal edilmiştir.



Şekil 6.10 Dönen takma uçlu takım ve tutucu aparatın montaj modeli.

Şekil 6.11’de tutucu aparatının ve dönen takma uçlu takımın montajı sonrası görüntüsü vardır. Bu haliyle sistem talaş kaldırma işlemlerine hazırdır.



Şekil 6.11 Döner takma uçlu takım ve tutucu aparatının montaj hali.

Yüzey pürüzlülüğü analizinde kullanılmak için -5° talaş açısına da sahip 20° , 30° ve 45° ’lik diğer gerekli aparatlar da iki adet olarak imal edilmiştir. Bu aparatlarda benzer operasyonlar sonucu elde edilmiştir.



Şekil 6.12 -5° talaş açısına sahip kendinden tahrikli döner takma uçlu takımın tutucu aparatı.

6.3 Deney Prosedürü ve Kesme Parametreleri

Kendi eksenini etrafında dönen takma uçlu kesici takım ile tornalamada işlenmiş parça üzerindeki yüzey pürüzlülüğüne etki eden kesme parametrelerinin analizleri talaş açısı, eğim açısı, kesme hızı, ilerleme hızı değişkenlerine göre yapılacaktır.

Birinci değişken olan kesme hızı, daha önce yapılan çalışmalar ve deneyde kullanılacak kesici takım ucunun özelliğine göre 60 m/dak ve 120 m/dak olarak iki farklı değerde alınacaktır. Takma uç, genel adlandırmada 32 RCM... serisinden 32 09 00 kodlu 32 mm çapında belirli bir boşluk açısı (7^0) olan yuvarlak uçtur. Maksimum 4 mm/dev ilerleme hızına; 12 mm kesme derinliğine uygundur.

Deneyde işleme için kullanılacak malzeme çapı 70 mm olan AISI 1050 imalat çelikleridir. Çizelge 6.1’ de genel olarak 1050 imalat çeliğinin içerdiği malzeme miktarları bulunmaktadır. DIN normunda gösterilişi 1.0503 C45’tir.

Çizelge 6.1 1050 imalat çeliği kimyasal bileşimi.

C	Si	Mn	P<	S<	Cr	Mo	Ni
0.45	0.10	0.60	0.04	0.05	-	-	-
0.54	0.30	0.90					

Malzeme çapına göre başlangıçta CNC torna tezgahında aynaya verilecek devir sayısı aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$n = V \times 1000 / \pi \times D \text{ (dev/dak)} \quad (6.1)$$

Burada V, kesme hızı; n devir sayısı; D malzeme çapını gösterir. Böylece, 60 m/dak için devir sayısı, $n = 273 \text{ dev/dak}$; 120 m/dak için $n = 546 \text{ dev/dak}$ bulunur.

Ancak CNC tornada, sabit kesme ve ilerleme hızı sağlayacak uygun bir program yazılacaktır. Böylece, parça işlendikçe çap küçüleceğinden sabit kesme hızını elde edebilmek için ayna devri program sayesinde otomatik değiştirilecektir. Bunun için kontrol ünitesine aşağıdaki program yazılmış ve deneyler bu programa göre uygun kesme derinlikleri ve ilerleme hızları ayarlanarak yapılmıştır:

O0013

G0 X150. Z100.

G97 S276 M03

G0 X70. Z5.

G50 S1500

G96 S60 (Sabit kesme hızı için)

G1 Z-16. F0.1

X 73. Z-15.

G0 X150. Z100.

M5

M30

%

İkinci değişken olarak ilerleme hızları 0.1, 0.2, 0.4 mm/dev olarak belirlenmiştir.

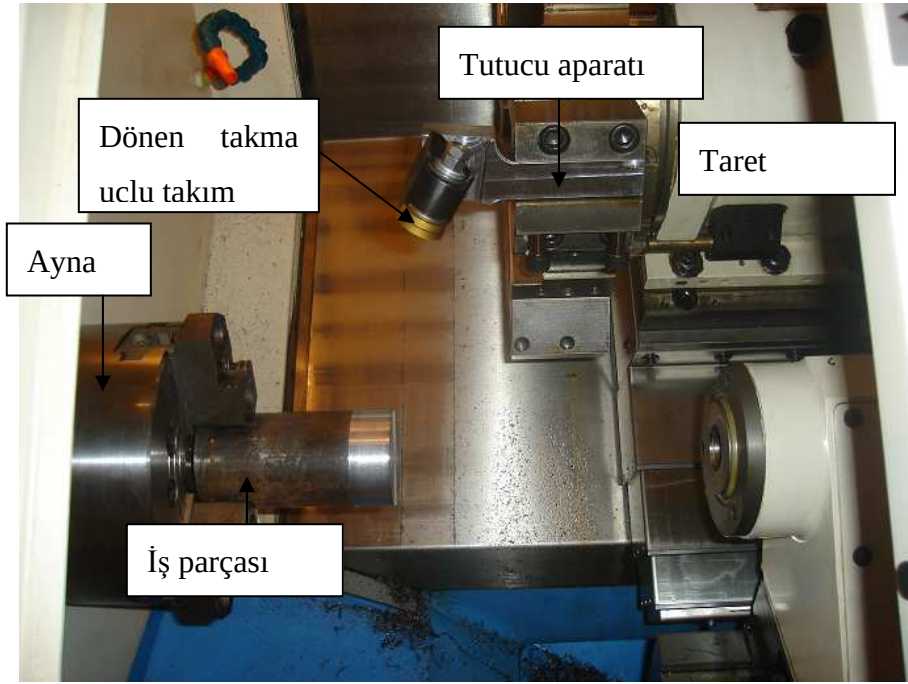
Eğim açısı, ön deneyler sonucu 5^0 ve 10^0 'nin çalışmaması nedeniyle 20^0 , 30^0 ve 45^0 'dir.

Bu çalışmada kesme derinliği sabit 0.25 mm olarak belirlenmiştir.

Deneyde kullanılacak tutucu aparatlarında talaş açısı (γ) 0^0 (sıfır) ve -5^0 olacak şekilde imal edilmiştir. Böylece toplam da 36 farklı kesme parametre kullanılarak deney çalışması gerçekleştirilmiştir. Çizelge 6.2'de tüm kesme parametreleri; deney düzeneği Şekil 6.13'te gösterilmiştir.

Çizelge 6.2 Deney için kesme parametreleri.

Deney No	Eğim Açısı (Derece)	Talaş Açısı (Derece)	İlerleme Hızı (mm/dev)	Kesme Hızı (m/dak)
1	20	0	0.1	60
2	20	0	0.1	120
3	20	0	0.2	60
4	20	0	0.2	120
5	20	0	0.4	60
6	20	0	0.4	120
7	30	0	0.1	60
8	30	0	0.1	120
9	30	0	0.2	60
10	30	0	0.2	120
11	30	0	0.4	60
12	30	0	0.4	120
13	45	0	0.1	60
14	45	0	0.1	120
15	45	0	0.2	60
16	45	0	0.2	120
17	45	0	0.4	60
18	45	0	0.4	120
19	20	-5	0.1	60
20	20	-5	0.1	120
21	20	-5	0.2	60
22	20	-5	0.2	120
23	20	-5	0.4	60
24	20	-5	0.4	120
25	30	-5	0.1	60
26	30	-5	0.1	120
27	30	-5	0.2	60
28	30	-5	0.2	120
29	30	-5	0.4	60
30	30	-5	0.4	120
31	45	-5	0.1	60
32	45	-5	0.1	120
33	45	-5	0.2	60
34	45	-5	0.2	120
35	45	-5	0.4	60
36	45	-5	0.4	120



Şekil 6.13 CNC torna tezgahında iş parçası ve takımın görünüşü.

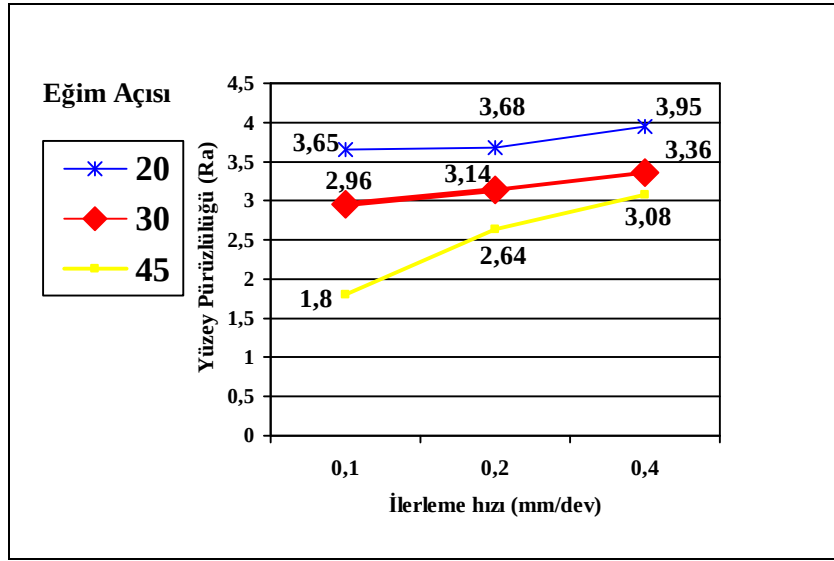
6.4 Deney Sonuçları

Yapılacak deneyler öncesinde tutucu aparatı ile birlikte dönen takma uçlu takımın çalışıp çalışmadığını kontrol amacıyla tornada ön talaş kaldırma deneyleri yapılmıştır. Burada, 0° talaş açılı, 5° eğim açısına sahip takımın kendi eksenini etrafında dönmesi zor olmuş ve istenen hareket alınamamıştır. Diğer açılardan 10° eğim açısı ile kesmede her iki talaş açısında da (0° ve -5°) takım düşük kesme hızında yeterli miktarda dönmemiş ve sağlıklı sonuçlara ulaşamamıştır. Böylece, dönen takma uçlu takımlarla işlemede takımın talaş açısının 0° ve -5° 'e eşit olduğu durumda, eğim açısı 10° 'den az olduğunda kullanılan takım için sistemin çalışmadığı ve talaş kaldırmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, özellikle -5° talaş açılı takımında 45° eğim açısında 0.4 mm/dev ilerleme hızında takım kazıma şeklinde talaş kaldırdığı için bu işlem parametrelerinde sonuç alınamamıştır.

6.4.1 Eğim Açısı ve İlerleme Hızına Göre

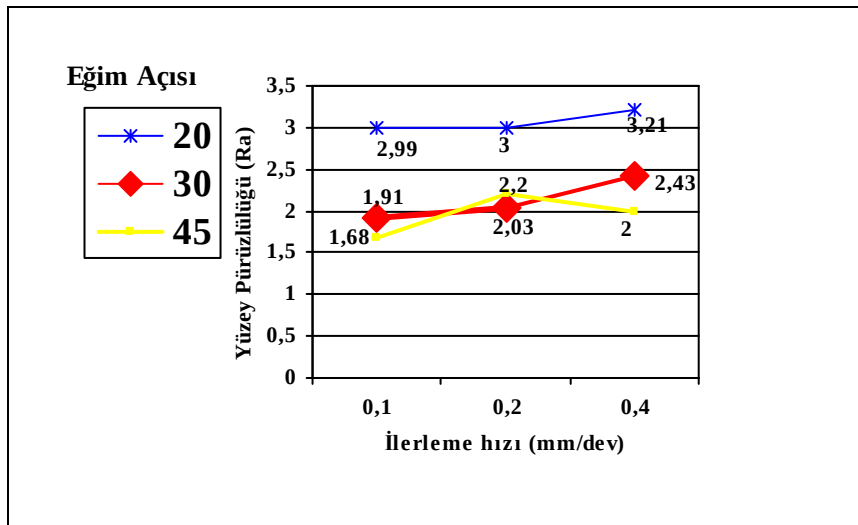
Dönen takma uçlu takımla işlemede standart konvansiyonel tornalamada olduğu gibi ilerleme hızının artırılması bu deneyde de yüzey pürüzlülüğünü artırmıştır. Sadece bu artış, talaş açısı 0° olan 45° eğim açılı takım ile en yüksek ilerleme ile işlemede gerçekleşmemiştir. Dönen takma uçlu takımlarla ilgili geçmiş çalışmalarda belirtildiği gibi eğim açısının 45° 'den büyük

olduğu bazı durumlarda ilerleme hızının yüksek seviyelerinde yüzey pürüzlülüğünde iyileşme meydana gelir.



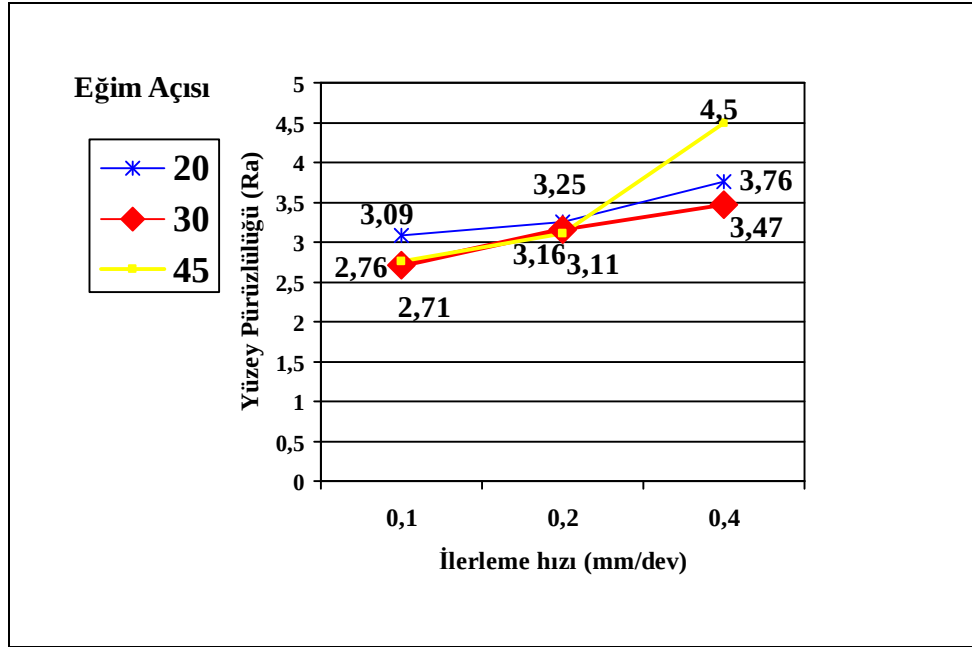
Şekil 6.14 0° talaş açısında, sabit 60 m/dak kesme hızı ile 1050 imalat çeliğinin tornalanmasında ilerleme hızının değişimine göre 20° , 30° ve 45° eğim açılarında yüzey pürüzlülüğü sonuçları.

Aynı şartlarda, kesme hızının 60 m/dak'dan 120 m/dak'ya çıkması durumunda yüzey pürüzlülüğünde belirli bir azalma görülmüştür. Bu durumda 45° eğim açısı için ilerleme hızının 0,4 mm/dev olması durumunda standart işlemlere nazaran yüzey pürüzlülüğü önemli ölçüde azalmıştır.

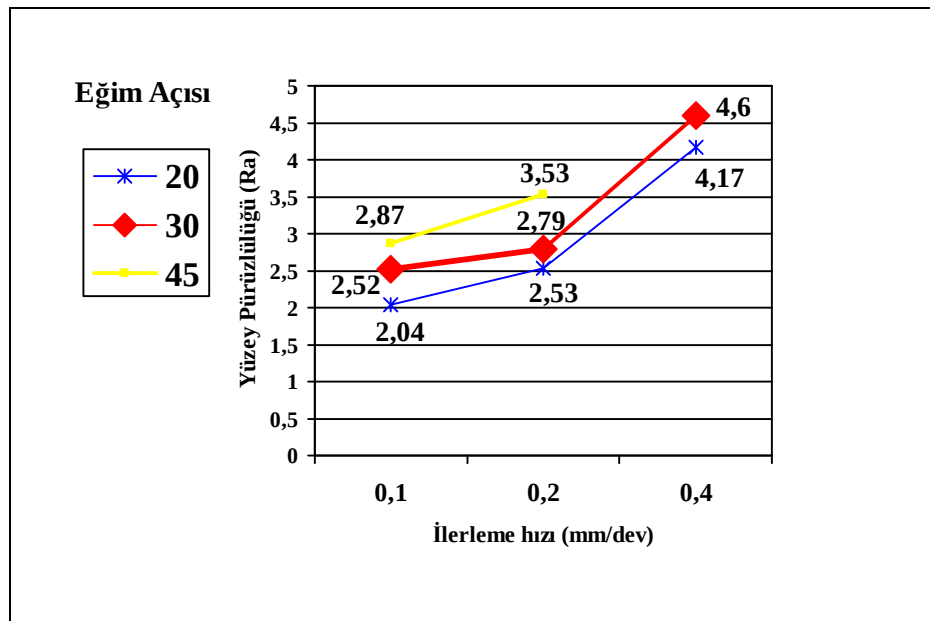


Şekil 6.15 0° talaş açısında, sabit 120 m/dak kesme hızı ile 1050 imalat çeliğinin tornalanmasında ilerleme hızının değişimine göre 20° , 30° ve 45° eğim açılarında yüzey pürüzlülüğü sonuçları.

Talaş açısı -5° olduğu durumda da, ilerleme hızı talaş açısının 0° olduğu durumdaki gibi benzer bir eğilim göstermiştir. Özellikle 45° eğime sahip düzende ilerleme hızının artması yüzey kalitesini oldukça bozmuştur. Bununla birlikte, kesme hızı 120 m/dak olduğu durumda takım kazıma şeklinde talaş kaldırmış, uygun sonuç alınamamıştır.



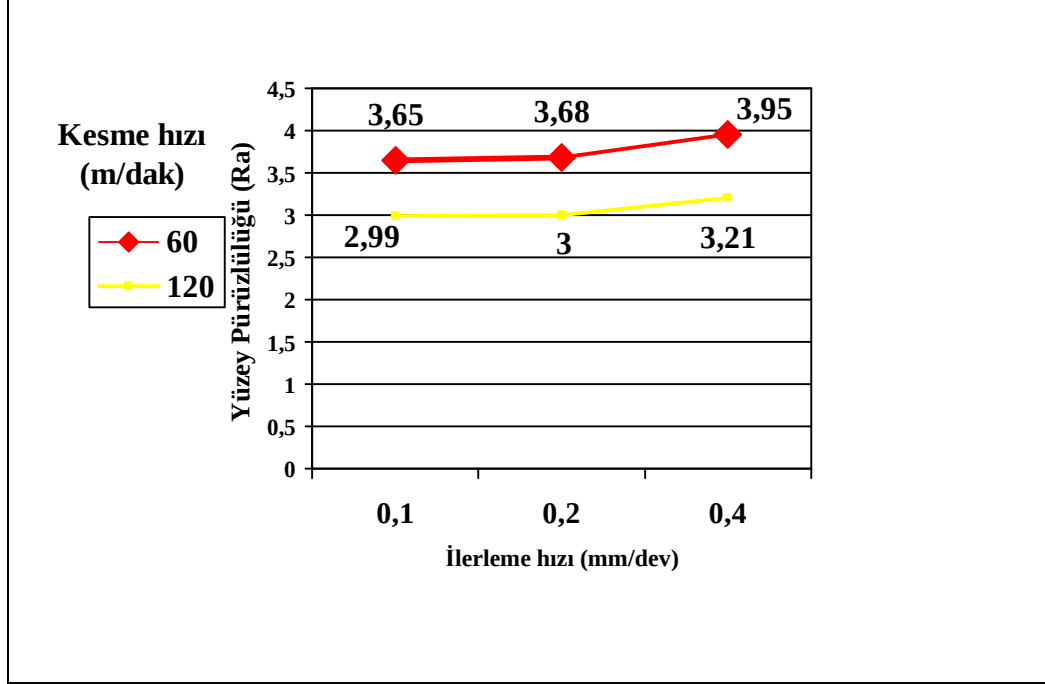
Şekil 6.16 Talaş açısı -5° , sabit 60 m/dak kesme hızı ile 1050 imalat çeliğinin tornalanmasında ilerleme hızının değişimine göre 20° , 30° ve 45° eğim açılarında yüzey pürüzlülüğü sonuçları.



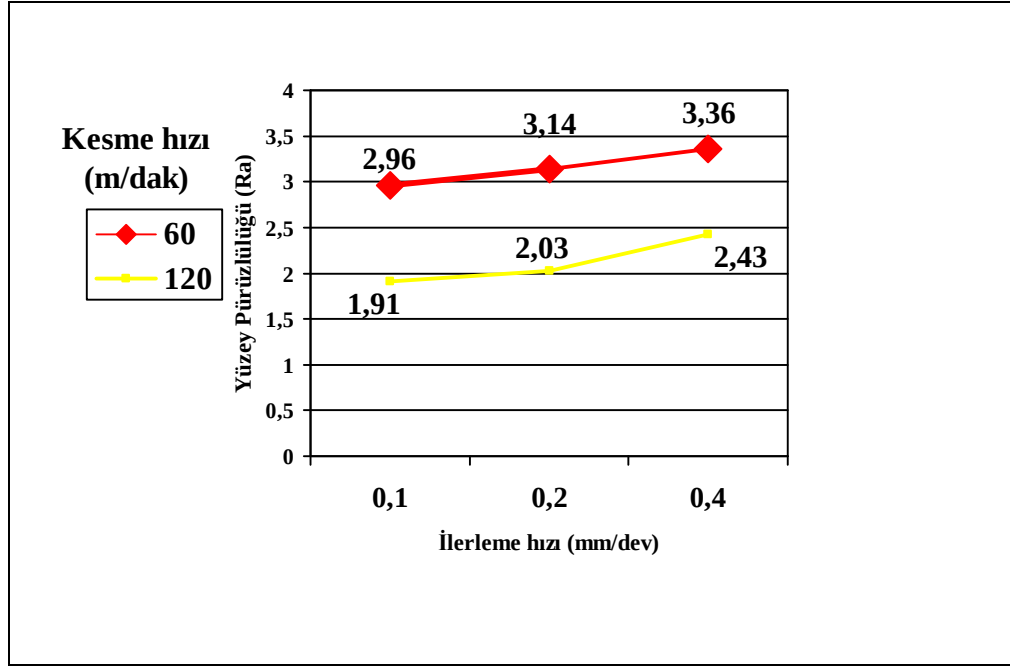
Şekil 6.17 Talaş açısı -5° , sabit 120 m/dak kesme hızı ile 1050 imalat çeliğinin tornalanmasında ilerleme hızının değişimine göre 20° , 30° ve 45° eğim açılarında yüzey pürüzlülüğü sonuçları.

6.4.2 Kesme Hızı ve İlerleme Hızına Göre

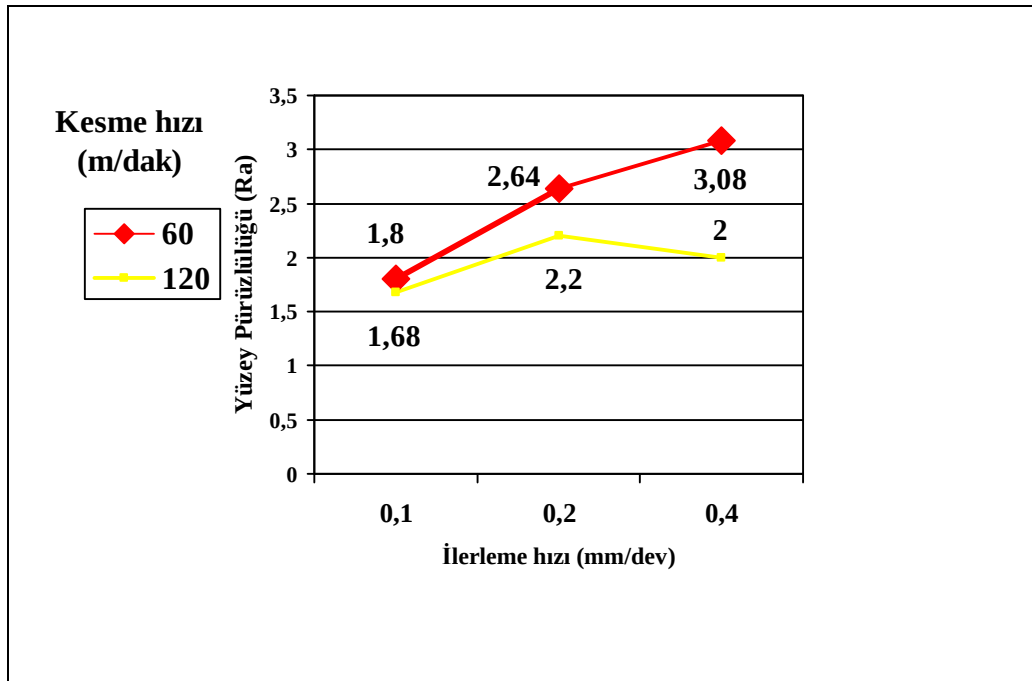
Dönen takma uçlu takım ile işlemede standart konvansiyonel tornalamada olduğu gibi kesme hızındaki artış genel olarak yüzey kalitesini arttırmıştır. Talaş açısının 0^0 olduğu durumda, 0,1 mm/dev ve 45^0 eğim açılı takım ile işlemede 120 m/dak kesme hızına göre 60 m/dak'da nispeten daha iyi yüzey değeri ölçülmüştür (Şekil 6.17).



Şekil 6.18 Talaş açısı 0^0 , 20^0 eğim açılı takım için 1050 imalat çeliğinin tornalanmasında ilerleme hızının değişimine göre 120 m/dak ve 60 m/dak kesme hızlarında yüzey pürüzlülüğü sonuçları.

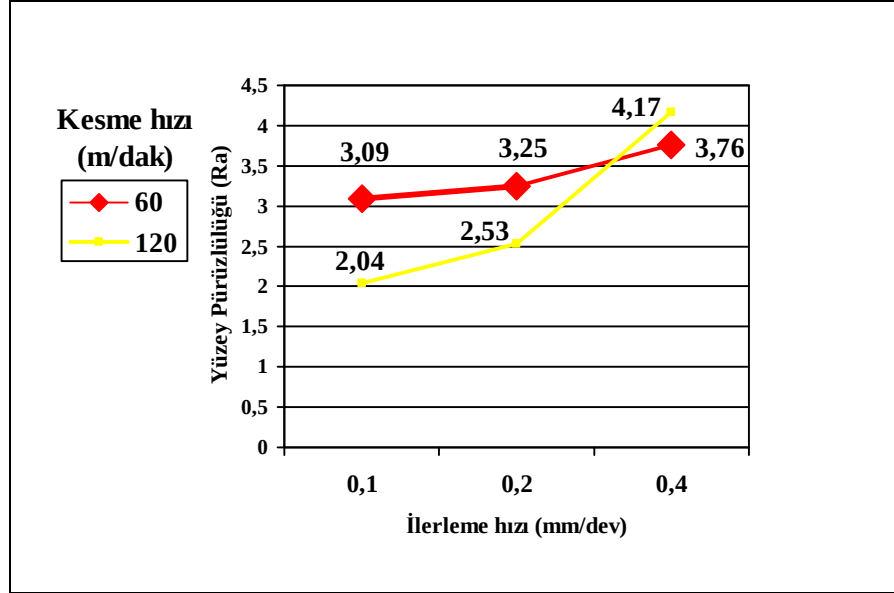


Şekil 6.19 Talaş açısı 0° , 30° eğim açılı takım için 1050 imalat çeliğinin tornalanmasında ilerleme hızının değişimine göre 120 m/dak ve 60 m/dak kesme hızlarında yüzey pürüzlülüğü sonuçları.

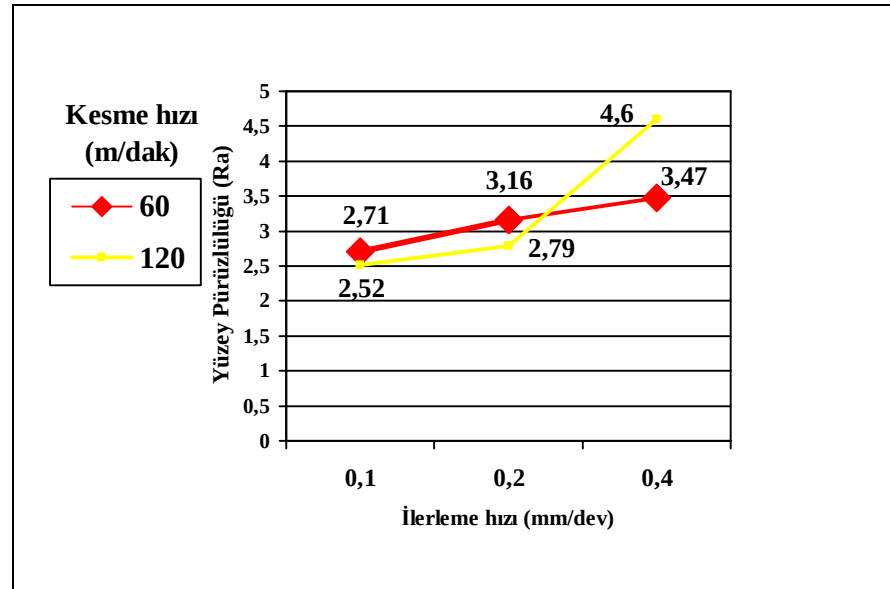


Şekil 6.20 Talaş açısı 0° , 45° eğim açılı takım için 1050 imalat çeliğinin tornalanmasında ilerleme hızının değişimine göre 120 m/dak ve 60 m/dak kesme hızlarında yüzey pürüzlülüğü sonuçları.

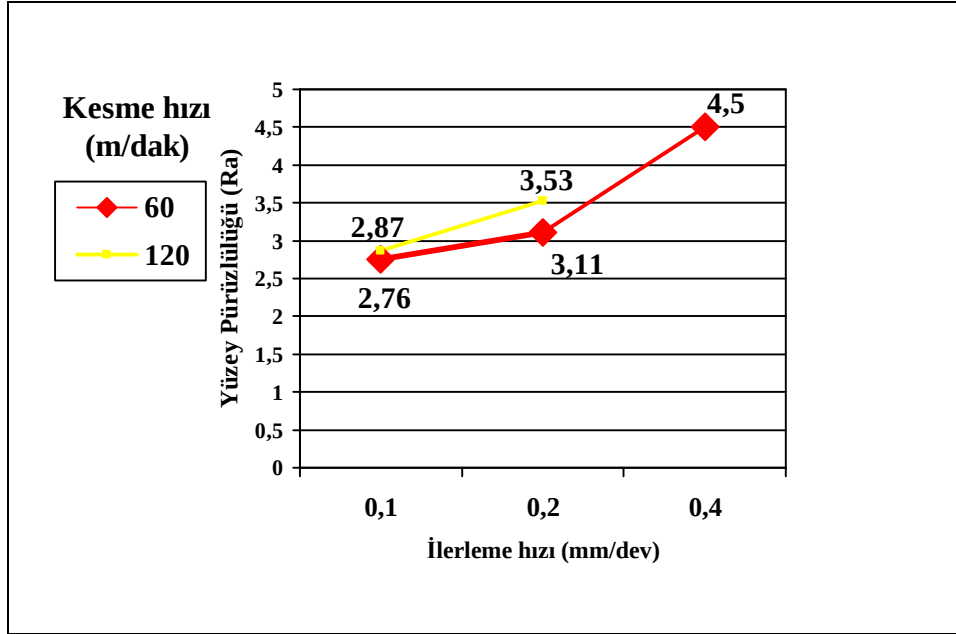
Talaş açısının -5^0 olduğu durumda, yüksek kesme hızı artan ilerleme hızına bağlı olarak yüzey kalitesini kötüleştirmiştir. Genel olarak 0,4 mm/dev ilerleme hızında deney sonuçları 120 m/dak kesme hızına nazaran 60 m/dak kesme hızında daha iyi yüzey pürüzlülüğü ile sonuçlanmıştır.



Şekil 6.21 Talaş açısı -5^0 , 20^0 eğim açılı için 1050 imalat çeliğinin tornalanmasında ilerleme hızının değişimine göre 120 m/dak ve 60 m/dak kesme hızlarında yüzey pürüzlülüğü sonuçları.



Şekil 6.22 Talaş açısı -5^0 , 30^0 eğim açılı takım için 1050 imalat çeliğinin tornalanmasında ilerleme hızının değişimine göre 120 m/dak ve 60 m/dak kesme hızlarında yüzey pürüzlülüğü sonuçları.

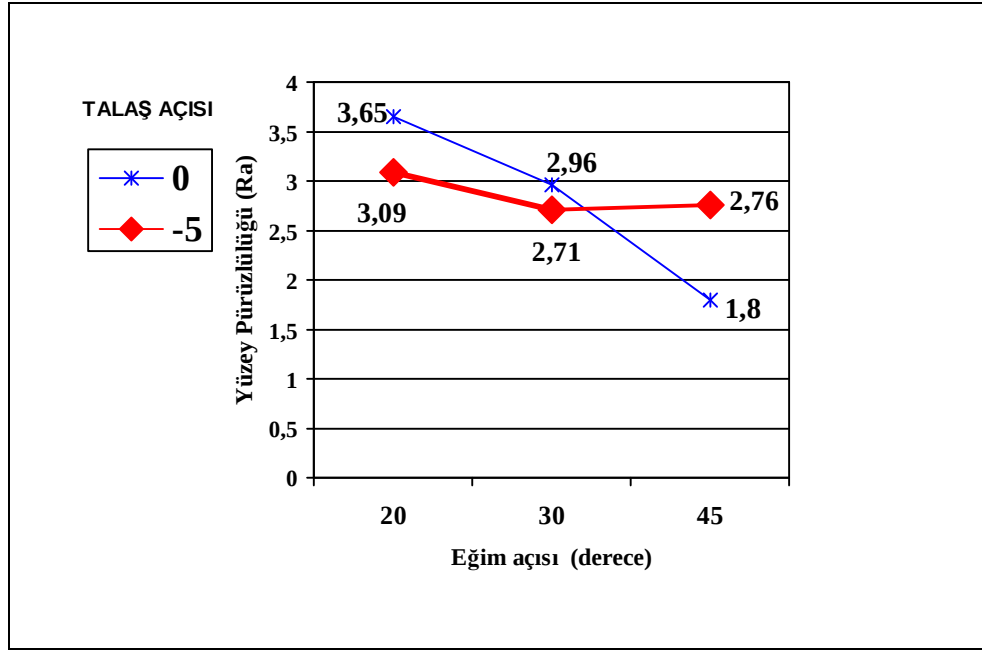


Şekil 6.23 Talaş açısı -5° , 45° eğim açılı takım için 1050 imalat çeliğinin tornalanmasında ilerleme hızının değişimine göre 120 m/dak ve 60 m/dak kesme hızlarında yüzey pürüzlülüğü sonuçları.

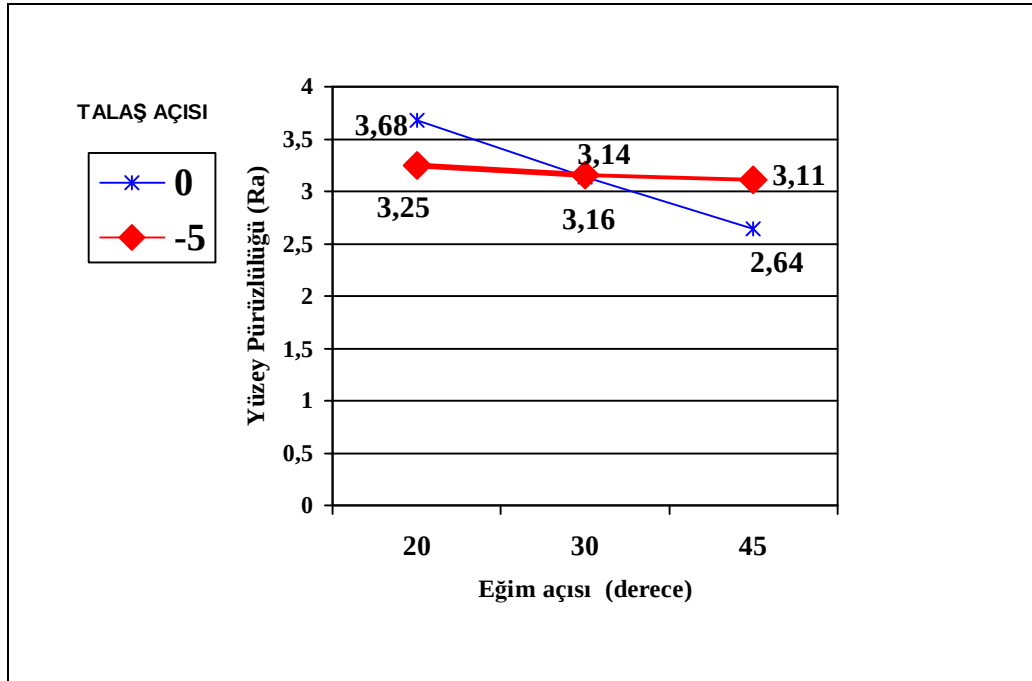
6.4.3 Talaş Açısı ve Eğim Açısına Göre

Kendinden tahrikli dönen takma uçlu takımlar için genel olarak 0° talaş açısında, eğim açısının 20° 'den 45° 'ye artışı yüzey pürüzlülüğünü azaltmış, daha iyi yüzey sağlanmıştır. Bu durum, -5° 'lik bir talaş açısında genel olarak eğim açısının 20° 'den 45° 'ye artışı sonucu yüzey pürüzlülüğü artmış; daha kötü bir yüzey elde edilmiştir. (Şekil 6.24). Özellikle 45° eğim açısında bu durum açıkça görülmektedir.

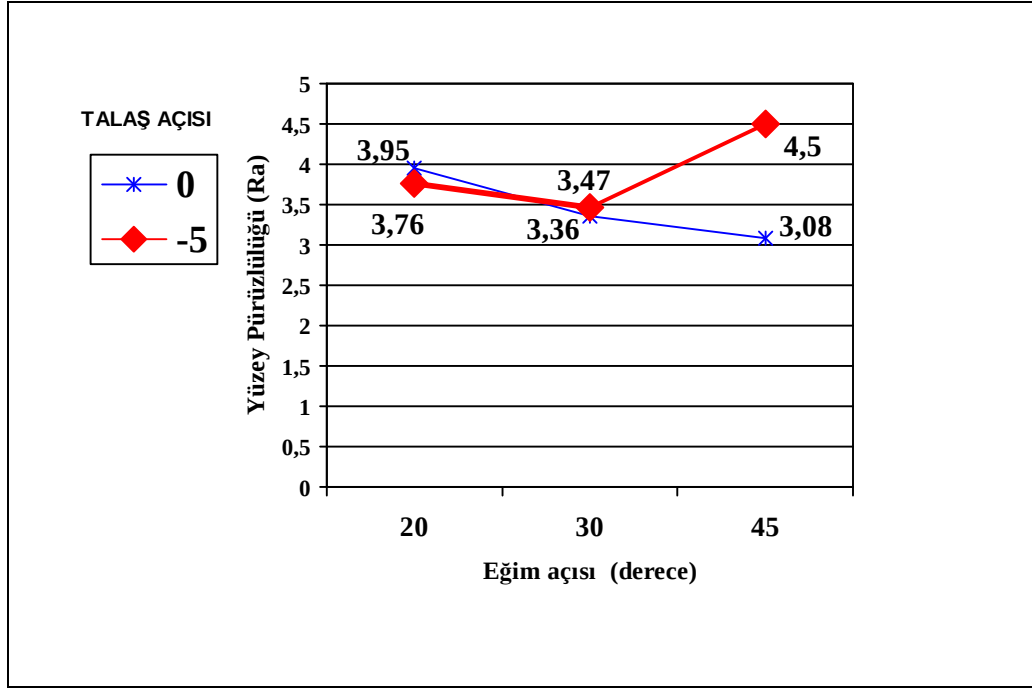
Deney sonuçları sabit 60 ve 120 m/dak kesme hızında, her bir ilerleme hızı için verilecektir.



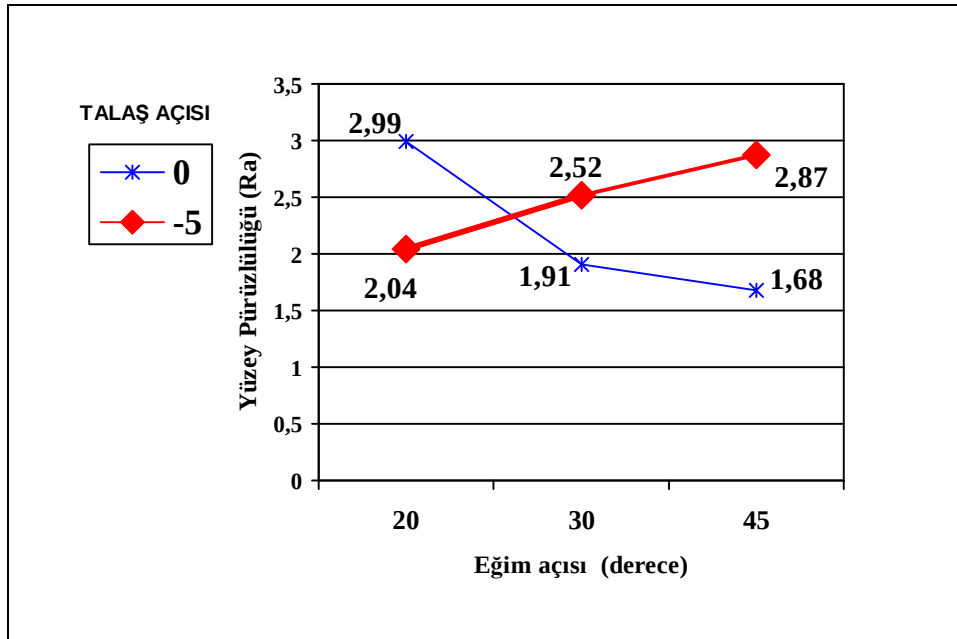
Şekil 6.24 0,1 mm/dev ilerleme hızı ve 60 m/dak kesme hızı ile dönen takma uçlu takım için 1050 imalat çeliğinin tornalanmasında eğim açısının ve talaş açısının değişimine göre yüzey pürüzlülüğü sonuçları.



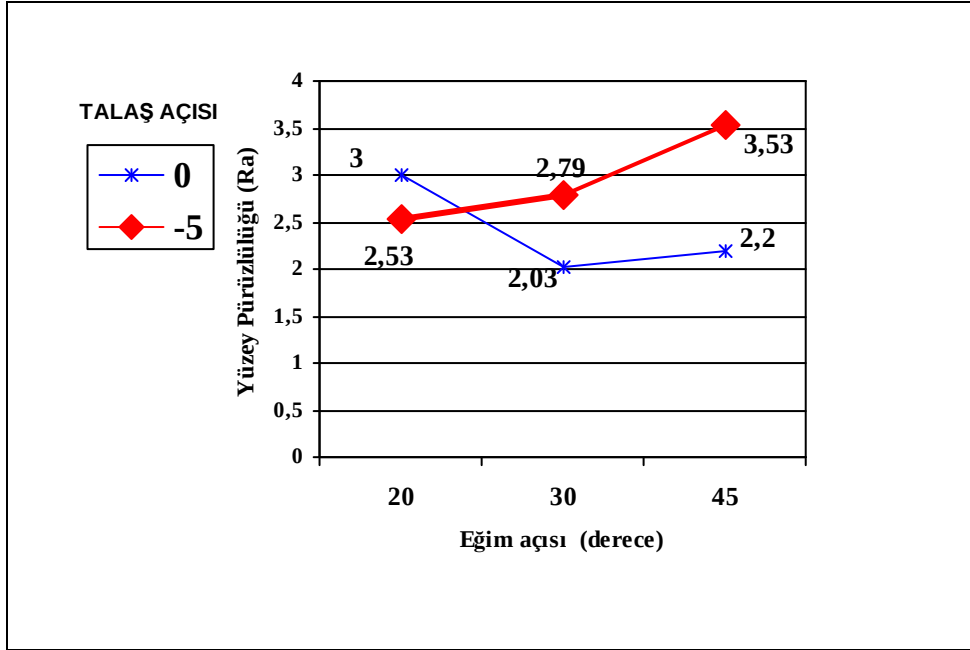
Şekil 6.25 0,2 mm/dev ilerleme hızı ve 60 m/dak kesme hızı ile dönen takma uçlu takım için 1050 imalat çeliğinin tornalanmasında eğim açısının ve talaş açısının değişimine göre yüzey pürüzlülüğü sonuçları.



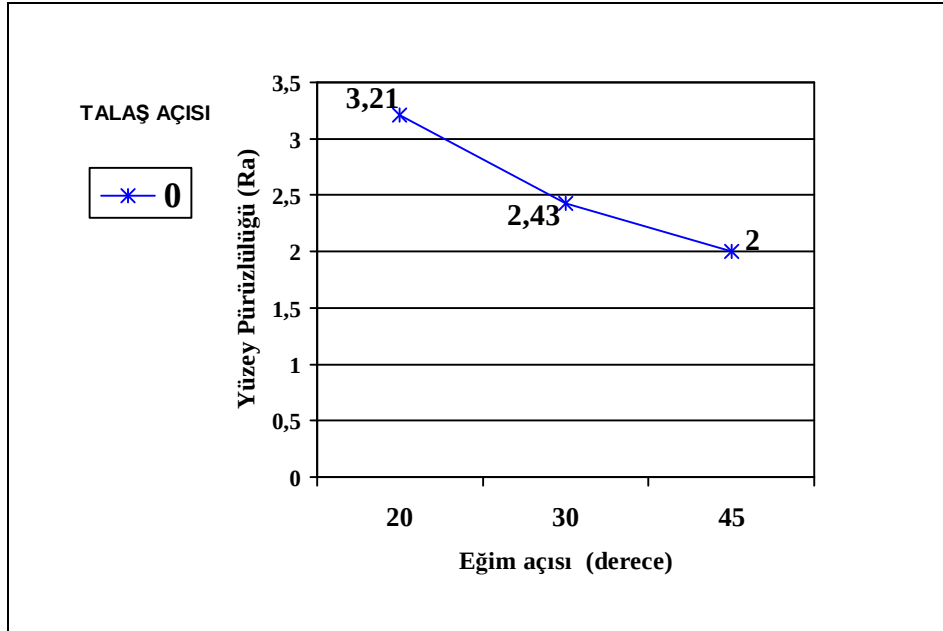
Şekil 6.26 0,4 mm/dev ilerleme hızı ve 60 m/dak kesme hızı ile dönen takma uçlu takım için 1050 imalat çeliğinin tornalanmasında eğim açısının ve talaş açısının değişimine göre yüzey pürüzlülüğü sonuçları.



Şekil 6.27 0,1 mm/dev ilerleme hızı ve 120 m/dak kesme hızı ile dönen takma uçlu takım için 1050 imalat çeliğinin tornalanmasında eğim açısının ve talaş açısının değişimine göre yüzey pürüzlülüğü sonuçları.



Şekil 6.28 0,2 mm/dev ilerleme hızı ve 120 m/dak kesme hızı ile dönen takma uçlu takım için 1050 imalat çeliğinin tornalanmasında eğim açısının ve talaş açısının değişimine göre yüzey pürüzlülüğü sonuçları.



Şekil 6.25 0,4 mm/dev ilerleme hızı ve 120 m/dak kesme hızı ile dönen takma uçlu takım için 1050 imalat çeliğinin tornalanmasında eğim açısının ve talaş açısının değişimine göre yüzey pürüzlülüğü sonuçları.

7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Sertleştirilmiş çeliklerin ve uzay alaşımları gibi kesilmesi zor malzemelerin işlenmesinde takım ömrünü ve bununla birlikte işleme yüzeyinin kalitesi arttırmak için yeni araştırmalar ve teknolojiler geliştirilmeye çalışılmaktadır. Bu kapsamda dönen takma uçlu takım olarak bilinen, kendi eksenini etrafında dönebilen dairesel takma uçlu kesicilerin kullanılması bir çözüm olarak düşünülmektedir.

Bu çalışmada, takımın eğim açısı nedeniyle iş parçası ile sürtünmesinden güç alarak tahrik alan kendinden tahrikli dönen takma uçlu takımlarla 1050 imalat çeliği CNC tornada işlenmiştir. Kesme parametrelerinden kesme hızı, ilerleme hızı, takımın talaş açısı ve eğim açısı değiştirilerek işlenmiş yüzey üzerinde pürüzlülük (R_a) değerleri ölçülmüş ve sonuçlar elde edilmiştir.

Deney için önceden Yıldız Teknik Üniversitesi'nde imal edilen dönen takma uçlu takım kullanılmıştır. Ancak, bu takımın çalışabilmesi için önce torna tezgahına uygun tutucu aparatları yapıldı. Bu tutucu aparatları beş adet olup deneyde kullanılacak olan kesme parametrelerinden talaş açısı ve eğim açısı sahiptir. Bu açılar, 0° talaş açısında 20° , 30° ve 45° ; -5° talaş açısında 20° , 30° ve 45° 'dir.

Takımın talaş açısının ve eğim açısının, hem uygun kesme koşulları için hem de yüzey pürüzlülüğü için önemli bir etkisinin olduğu görülmüştür. Talaş açısının 0° ve 5° olduğu her iki durumda da 5° eğim açısında ön görülen parametrede yapılan ön talaş kaldırma deneyleri sonucu takımın kendi eksenini etrafında doğal yoldan dönmesi sağlanamamıştır. 10° eğim açısındaki takım ancak deneyde kullanılan en yüksek kesme hızı ve ilerleme hızında dönmüş; fakat uygun kesme koşulları sağlanamamıştır. Buradan bu çalışma için takımın kendi eksenini etrafında uygun kesme koşullarını sağlayacak bir şekilde dönmesi için gerekli en küçük eğim açısının 10° 'den büyük olması gerektiği belirlenmiştir.

Deneyde, 0° talaş açısına sahip takımın eğim açısındaki 20° 'den 45° 'ye artışı, geçmiş çalışmalarda belirtildiği gibi daha iyi yüzey kalitesi elde edilmesini sağlar. Burada, takımın kolay bir şekilde fazla zorlanmadan dönüşü gözlemlenmiştir. -5° talaş açısına sahip takım ise eğim açısındaki bu artış genelde 0° talaş açısına göre daha düzensiz bir davranış göstermiştir. Özellikle yüksek ilerleme hızında yüzey kalitesi kötüleşmiştir. Ancak küçük eğim açısında takım daha kolay dönmüştür ve daha iyi yüzey kalitesi sağlanmıştır.

Kesme ve ilerleme hızının kendinden tahrikli dönen takma uçlu takım ile işlemede genelde

konvansiyonel sabit uçlu takımlarla işlemedeki gibi etki ettiği görülür. 0^0 talaş açısında kesme hızındaki artış, yüzey pürüzlülüğünü azaltmıştır. -5^0 talaş açısında, özellikle artan ilerleme hızlarına bağlı olarak kesme hızındaki artış kötü yüzey kalitesine neden olmuştur. İlerleme hızındaki artış da sadece 0^0 talaş açısında 45^0 'li takım ile $0,4 \text{ mm/dev}$ ile işlemede yüzey kalitesinde iyileşme elde edilmiş; diğer koşullarda genel olarak yüzey pürüzlülüğü artmıştır.

Yukarıdaki sonuçlarla birlikte bu çalışma için en iyi yüzey kalitesi 0 talaş açısı, 45 eğim açısında, 0.1 mm/dev ilerleme hızı ve 120 m/dak kesme hızında $1,68 \mu\text{m}$ ile elde edilmiştir. Bu sonuç hem kendinden tahrikli dönen takma uçlu takım ile ilgili yapılan geçmiş çalışmalarla hem de bilinen konvansiyonel talaşlı şekillendirme temellerine uymaktadır.

Döner takma uçlu takımlar, standart sabit takımlara göre kesme sırasında daha az sıcaklık oluşturması, yüksek takım ömrü ve çoğu halde kesme sıvısına ihtiyaç duyulmadan iyi yüzey elde edilmesi yönünden avantajlıdır. Ne var ki günümüzde endüstride fazlaca kullanılmamaktadırlar. Bunun nedeninin başında, takımın kendi eksen etrafında dönüşünden ötürü oluşan kuvvetlerin konstrüksiyon ve tasarımı zorlaştırması gelir. Oluşan bu kuvvetlerin üstesinden gelebilecek uygun rijitlikte yapısının olması daha iyi yüzey kalitesini de beraberinde getirecektir. Ancak, yine de günümüzde yurt dışında bu takımların faydalarını ön plana çıkaran ve bu olumsuzlukları yenen bazı firmalar mevcuttur.

Bu çalışma, kendi eksen etrafında döner takma uçlu takımlar ve bunların pratik uygulamaları hakkında daha önceden yapılmış çalışmalardan yararlanarak hazırlanmıştır. Ayrıca, kendinden tahrikli döner takma uçlu takım ile kesme parametrelerinin işlenmiş yüzey üzerindeki pürüzlülük analizlerini yapmak amacıyla 1050 imalat çeliğinin CNC tornada işleme deneyi yapılmış ve sonuçlar elde edilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Akkurt M., Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları, 975 – 511 – 083 – 6, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2000.
- [2] Ataşımşek S., CNC – Metal İşleme El Kitabı, 975 – 511 – 372 – X, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2003.
- [3] Çoğun C., Özses B., Bilgisayar Sayısal Denetimli Takım Tezgahlarında Değişik İşleme Koşullarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi, Gazi Üniversitesi, 2002.
- [4] Demircioğlu T. K., Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazının Tanıtılması ve Uygulaması 2004.
- [5] Dessoly V., Modeling and Verification of Cutting Tool Temperatures in Rotary Tool Turning of Hardened Steel, Academic Faculty thesis, George Institute of Technology, 2004.
- [6] Ezugwu E. O., Improvements in the machining of aero-engine alloys using self-propelled rotary tooling technique, London South Bank University, 2006.
- [7] Joshi S.S, Ramakrishnan, Nagarwalla H.E., Ramakrishnan P., Wear of rotary carbide tools in machining of Al/SiCp composites, Indian Institute Technology, 1998.
- [8] Kishawya H. A., Becze C.E., McIntosh D. G., Tool performance and attainable surface quality during the machining of aerospace alloys using self-propelled rotary tools, University of New Brunswick, 2002.
- [9] Kishawya H.A., Wilcox j., Tool wear and chip formation during hard turning with self – propelled rotary tools, University of New Brunswick, 2002.
- [10] Sandvik Coromat Tornalama, Frezeleme Kataloğu, 2000.
- [11] Sathyan S., Shreyes N. Melkote, Turning Hardened Steel using rotary cutting tools, Georgia Institute of Technology, PMRC IAB Meeting, 2001.
- [12] Sathyan S., Dessoly V, Turning Hardened Steel using rotary tools, Georgia Institute of Technology, PMRC IAB Meeting, 2003.
- [13] Shuting Lei, Wenjie Liu, High – speed machining of titanium alloys using the driven rotary tool, Kansas State University, 2001.
- [14] Smith J., Sathyan S., Dessoly V., Dr. Melkote S., Hardened Steel Turned with a Rotary Cutting Tool, The George W. Woodruff School of Mechanical Engineering, 2004.

- [15] Talaşlı İmalatta Yüzey Pürüzlülüğün Tayini, İTÜ İmalat Laboratuvar Ders Notları.
- [16] Uday A. Dabade, S.S. Joshi, N. Ramakrishnan, Analysis of surface roughness and chip cross – sectional area while machining with self – propelled round inserts milling cutter, Indian Institute of Technology, 2002.
- [17] www.rotarytech.com
- [18] <http://quarters.blogcu.com/58197/>
- [19] <http://www.turkishturkey.net/tr/firmalar/index/firma/resim/?sektor=ALL&firma=384&glid=12327>
- [20] www.akko.com.tr

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	27.04.1983	
Doğum yeri	Lüleburgaz / Kırklareli	
Lise	1998-2001	Lüleburgaz Süper Lisesi
Lisans	2001-2005	Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2005-Devam ediyor	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Müh. Anabilim Dalı, İmal Usulleri Programı

Çalıştığı kurum(lar)

2006 – Devam ediyor	Ses3000 CNC Takım Tezg. Ve Bilg. Sistemleri Ltd. Şti.
---------------------	--